

РЕКОНСТРУКЦИЯ АРЕАЛА СОСНОВЫХ ЛЕСОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ВОССТАНОВЛЕНИЯ В ПОРОЗИХИНСКОЙ ЛОЖБИНЕ СТОКА

О. Н. Барышникова¹, А. А. Маленко², Н. М. Почёмин¹, А. С. Чичкарев¹

¹Алтайский государственный университет
Российская Федерация, 656049, г. Барнаул, пр. Ленина, 61

²Алтайский государственный аграрный университет
Российская Федерация, 656049, Барнаул, пр. Красноармейский, 98

Аннотация. В статье представлены результаты реконструкции ареала распространения сосновых лесов в Предалтайской части юга Западной Сибири. Цель исследования – выявить участки территории Порозихинской ложбины стока наиболее перспективные для лесовосстановления. В предгорной части Алтайского края сохранились небольшие массивы сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). К ним принадлежит Чупинский бор, площадь которого еще в начале XVIII века составляла около 10 тыс. га. Его площадь сократилась из-за выруб-ки леса, степных пожаров, нерегулируемого выпаса скота, комплекса неблагоприятных природных факторов: засухи, суховеи, активизация ветровой эрозии. Результаты исследования базируются на данных натурных наблюдений и данных дистанционного зондирования Земли. В процессе анализа космических снимков осуществлялся поиск песчаных отложений, благоприятных для выращивания сосны обыкновенной. Композиция снимков осуществлялась с использованием облачной платформы Google Earth Engine (GEE). Алгоритмы платформы Sentinel EO Browser автоматически обрабатывали данные спектральных каналов B8, B11, B12. После получения геологического композита в среде ArcGIS была проведена классификация изображений. Выбор каналов пригодных для отображения почвенных субстратов разного генезиса проводился экспертным путем. Сравни-валось растровое изображение и участки распространения песчаных почв, проводилась классификация разно-видностей субстрата в зависимости от элемента рельефа, на котором он находится. Интеграция мультис-пектральных данных, цифровых моделей рельефа и почвенных характеристик позволила автоматизировать процесс пространственного анализа перспективных для восстановления леса участков с учетом комплекса экологических факторов: биоклиматические характеристики; рельеф; почвы; гранулометрический состав отложений; содержание органики; землепользование. Установлены закономерности распространения лесных почв в Порозихинской ложбине стока и выявлены участки перспективные для лесовосстановления.

Ключевые слова: Чупинский бор, реконструкция ареала сосновых лесов, дистанционное зондирование Земли.

Conifers of the boreal area. 2026, Vol. XLIV, No. 3, P. 16–23

RECONSTRUCTION OF THE AREAS OF PINE FORESTS AND PROSPECTS FOR THEIR RESTORATION IN THE POROZIKHINSKAYA RUNOFF DOWNSTREAM

O. N. Baryshnikova¹, A. A. Malenko², N. M. Pochyomin¹, A. S. Chichkarev²

¹Altai State University
61, Lenin Av., Barnaul, 656049, Russian Federation

²Altai State Agrarian University
98, Krasnoarmeysky Av., Barnaul, 656049, Russian Federation

Abstract. This article presents the results of a reconstruction of the distribution range of pine forests in the Pre-Altai region of southern Western Siberia. The aim of the study is to identify areas of the Porozhikhinskaya drainage basin that are most promising for reforestation. In the foothills of the Altai Krai, small stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) remain. These include the Chupinsky Pine Forest, which at the beginning of the 18th century covered approximately 10,000 hectares. Its area has shrunk due to deforestation, steppe fires, unregulated grazing, and a combination of adverse environmental factors: droughts, dry winds, and increased wind erosion. The study's results are based on in-situ observations and Earth remote sensing data. Satellite imagery was analyzed to identify sandy deposits favorable for Scots pine growth. Image composition was performed using the Google Earth Engine (GEE) cloud platform. Sentinel EO Browser algorithms automatically processed data from spectral channels B8, B11, and B12. After obtaining the geological composite, the images were classified in ArcGIS. The selection of bands suitable for displaying soil substrates of different origins was conducted through expert analysis. The raster image and sandy soil distribution areas were compared, and the substrate types were classified based on the relief element on which they are located.

The integration of multispectral data, digital elevation models, and soil characteristics enabled the automation of the spatial analysis of areas promising for forest restoration, taking into account a range of environmental factors: bioclimatic characteristics; topography; soils; sediment particle size distribution; organic matter content; and land use. Patterns of forest soil distribution in the Porozikha drainage basin were established, and areas promising for reforestation were identified.

Keywords: Chupinsky pine forest, pine forest habitat reconstruction, Earth remote sensing.

ВВЕДЕНИЕ

В степных районах Юго-Западной Сибири в настоящее время еще сохранились отдельные островки (рефугиумы) сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), некогда занимавшие обширные территории [1–3], а в настоящее время представляющие уникальные природные объекты [4]. В Алтайском крае таким объектом является Чупинский бор, площадь которого еще в начале XVIII века составляла около 10 тыс. га. Сокращению его площади способствовали массовая бессистемная вырубка леса, степные пожары, нерегулируемый выпас скота, засухи и суховеи, приведшие к перемещению почвы, образованию котловин выдувания и песчаных наносов. В результате бесхозяйственной деятельности площадь бора сократилась в десятки раз и в начале 1950-х гг. уже составила 326 га, в том числе сосны – 253 га. Чупинский бор сохранился в левобережье реки Порозиха на северо-западном наветренном склоне долины этой реки. О былых площадях лесов в бассейне Порозихи можно судить по ареалу распространения множества разрозненных островков леса. Например, на территории Уржумского заказника, расположенного в правобережье реки Порозиха, сохранились березовые леса и перелески. Часть из них сформировалась на месте гарей и представляет собой заросли, где доминируют ивы и осины. Некоторые березняки сформировались на месте вырубленных сосновых лесов. Основная лесообразующая порода береза повислая (*Betula pendula*), в понижениях доминирует осина обыкновенная (*Populus tremula*). В подлеске произрастают: крушина ломкая (*Frangula alnus*), шиповник (*Rosa* sp.), на более влажных местообитаниях ива пепельная (*S. cinerea*). Во избежание негативных последствий ветровой эрозии, на месте утраченных лесов и прилегающих к борам землях сельскохозяйственного назначения стали создаваться защитные лесные насаждения. За последние 40 лет здесь было высажено около 4 тыс. га новых преимущественно сосновых насаждений. Учитывая большую значимость Чупинского бора для улучшения условий природной среды и её экологической стабилизации, актуально увеличение площади леса. Это обеспечит его дальнейшее устойчивое развитие, а в дальнейшем восстановление в прежних границах.

Цель работы – выявить участки территории Порозихинской ложбины стока наиболее перспективные для лесовосстановления. Для достижения цели необходимо было: провести полевые наблюдения и оценить современные условия произрастания сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в Порозихинской ложбине стока; проанализировать исторические факты, доказывающие существование сосновых лесов в Порозихинской ложбине стока; проанализировать данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ)

с целью установления участков перспективных для лесовосстановления.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

К северу от горных сооружений Алтая располагается Приобское плато, на поверхности которого существуют боровые ложбины стока. А. М. Малолетко [5] проанализировал гипотезы формирования боровых ложбин и пришел к выводу об их полигенетическом происхождении, в котором важную роль играли тектонические [6,7], флювиальные [8] и эоловые [9; 10] процессы. Исследования, проведенные авторами статьи на территории одной из них – Порозихинской ложбины стока, подтверждают комплексный генезис подобных образований. Порозихинская ложбина находится между долинами рек Аллей и Чарыш. Её ширина достигает десятка километров (рис. 1), а ширина современной долины реки Порозиха изменяется от 20 метров в верховье и до 25 метров в среднем и нижнем течениях. Ширина русла 2–5 метров соответственно. Длина Порозихинской ложбины составляет 72 км. Днище ложбины находится выше урезов вод рек Аллей и Чарыш на 50–70 метров (рис. 1), а в устье Порозихи имеет абсолютную высоту над уровнем моря около 160 м.

Отложения этой ложбины вскрываются в районе села Вяткино (183 м н.у.м.) и у с. Белово (170 м н.у.м.). Мощность разреза около 32 метров, в нем обнажаются аллювиальные волнисто- и косослоистые пески, которые А. М. Малолетко [5] относит ко второй половине средне-четвертичного времени ($Q_{2, 3+4}$). Поверхность отложений переработана ветром. Современный рельеф представлен эоловыми грядами, разделенными понижениями, в которых располагаются солончаки или пресные озера, заросшие водной растительностью. Склоны ложбины пологие. На некоторых участках они переходят в высокие террасы р. Порозиха. На террасах наблюдаются скопления озер округлой формы, суффозионного происхождения.

В настоящее время для исследования состояния лесов используются данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и информационные технологии [11; 12]. На основе ДЗЗ авторы статьи провели поиск песчаных отложений, благоприятных для выращивания сосны обыкновенной. Композиция космических снимков осуществлялась с использованием облачной платформы Google Earth Engine (GEE). После получения геологического композита изображений в геоинформационной системе ArcGIS была проведена классификация растрового изображения по отражательной способности комбинации спектральных каналов B8, B11, B12. Выбор каналов пригодных для отображения почвенных субстратов разного генезиса проводился

экспертным путем. Сравнивалось растровое изображение и участки распространения песчаных почв, проводилась классификация разновидностей субстрата в зависимости от элемента рельефа, на котором он находится.

Интеграция мультиспектральных данных, цифровых моделей рельефа и почвенных характеристик позволила автоматизировать процесс пространственного анализа перспективных для восстановления леса участков с учетом комплекса экологических параметров: биоклиматических переменных; рельефа (цифровая модель рельефа); почвенных (рН, гранулометрия, содержание органики); землепользование (2014–2024).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Алгоритм идентификации оптимальных, для восстановления *Pinus sylvestris*, участков в бассейне р. Порозиха включал три этапа. Предварительная обработка данных: нормализация температурных значений ($\text{bio01} \times 0.1$); расчет сезонных композитов Sentinel 1-2

(май-июль) с фильтрацией облачности (<5 %); клиппинг (обрезка по экстенду) данных по границам водосбора. Расчет производных показателей: индекс влажности (NDWI): $(B8 - B11) / (B8 + B11)$ (рис. 2); вегетационный индекс (NDVI): $(B8 - B4) / (B8 + B4)$; уклон местности (алгоритм Terrain.slope GEE). Построение масок пригодности: $\text{var finalMask} = \text{precipMask} \cdot \text{and}(\text{tempMask}) // 300\text{--}700 \text{ мм/год}, 1\text{--}5 \text{ }^\circ\text{C}$; Осадки влажного квартала более 50 мм; $(\text{elevation.between}(100,1000))$; высота над уровнем моря, м; $(\text{slope.lte}(15))$; уклон $\leq 15^\circ$; soilPh (кислотность от 4,5 до 7,5 pH); $\text{sandContent.gte}(50)$ (песчаные почвы с содержанием фракции песка более 50 %); $\text{organicCarbon.gte}(2)$ (содержание органического углерода более 2 %); landCover (исключение антропогенных и природных объектов: древесный покров, кустарник, возделываемые земли, застройка, водные объекты); $\text{NDWI.gte}(-0.5)$ and $(\text{NDVI.lt}(0))$; (Влажность по индексу NDWI более $-0,5$ и отсутствие сомкнутой растительности по NDVI менее $0,5$).

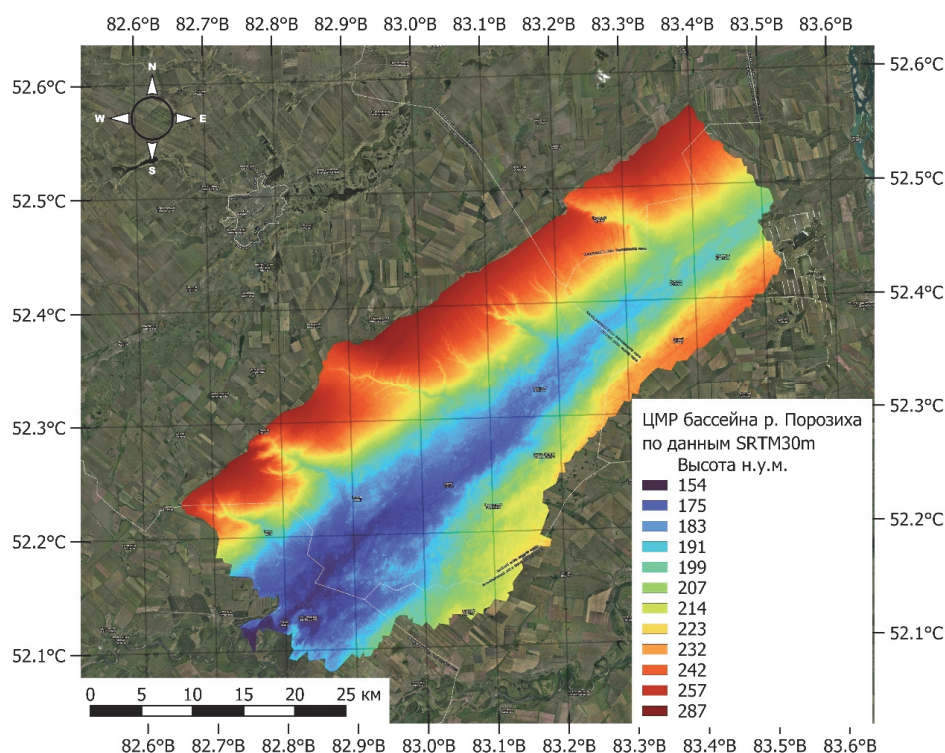


Рис. 1. Географическое положение и цифровая модель рельефа бассейна р. Порозиха

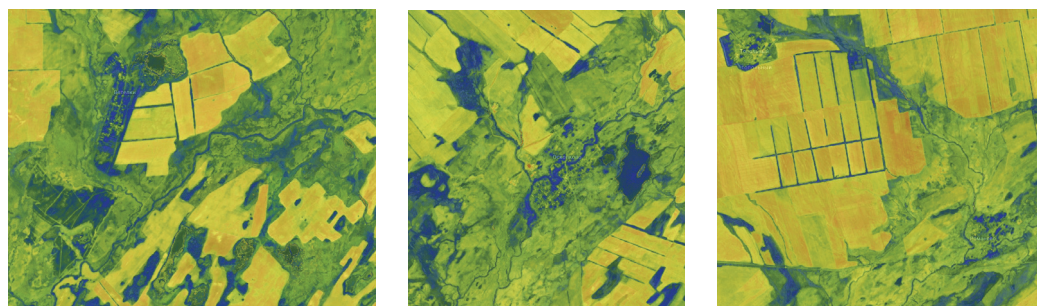


Рис. 2. Значения Индекса влажности, рассчитанного на основе комбинации полос (B8A-B11)/(B8A+B11): наиболее темные оттенки зеленого цвета соответствуют переувлажненным участкам территории

Порозихинская ложбина стока в настоящее время характеризуется антропогенной деградацией боровых экосистем, на ее территории преобладают агроландшафты. В юго-западной части этой ложбины, на территории Шипуновского административного района Алтайского края, к юго-западу от села Усть-Порозиха, сохранился массив соснового леса, имеющий название «Чупинский бор» (см. рис. 1). Бор представляет собой естественный природный комплекс. В настоящее время этому бору присвоен статус памятника природы краевого значения. В 1930–1940-е годы в бору проведены интенсивные промышленные рубки, о чем свидетельствует отсутствие запаса спелых и перестойных насаждений в 1950 г. Это привело к усилению дефляции и формированию эолового рельефа. Активизация этих процессов обусловила необходимость проведения искусственного лесовосстановления, которое было начато в 1987 году. По данным лесоустройства 2014 г. средний возраст насаждений сосны составил – 55 лет, запас древесины – 157,2 м³/га, средний прирост сосны – 0,44 м³/га, класс бонитета – I,6, полнота – 0,73.

Сформированные на лесных почвах чистые по составу приспевающие высокополнотные древостой сосны растут по I–IIa классам бонитета и накопили 470–555 м³/га древесины. Рост искусственных древостоев хвойных пород I–III классам возраста на лесопригодных почвах соответствует I–IIIb классам бонитета, а запасы древесины составляют 265–468 м³/га. Наиболее продуктивные культуры сосны сформировались на аллювиально-дерновой слоисто-связнопесчаной почве, в возрасте 31 г имели запас 401 м³/га. Сосна в смешанных сосново-лиственничных культурах имеет лучшие показатели роста, чем лиственница.

Почвенный покров представлен почвами различных таксационных единиц, что способствует созданию разнотипных условий для развития лесных биоценозов. Реакция среды верхних горизонтов изменяется от нейтральной до слабощелочной. Гранулометрический состав неоднороден и варьирует от рыхлопесчаного до среднесуглинистого. Выделены три основных типа почв: черноземы, деново-подзолистые и серые лесные. Основу живого напочвенного покрова в бору составляют многолетние злаки, осока и разнотравье. Всего зарегистрировано 187 видов высших сосудистых растений из 136 родов, относящихся к 44 семействам. В среднем в естественных сосняках отмечено – 35 видов, в лесных культурах с сомкнутым пологом – 15 видов, там же без сомкнутого полога – 16 видов, на открытых местах – 22 вида, на минерализованных полосах – 17 видов [13].

В настоящее время в Чупинском бору сохраняются лесные и редкие виды [14]: дудник лесной (*Angelica sylvestris*), купырь лесной, купырь альпийский, купырь кандолля, дягиль низбегающий, дудник низбегающий (*Archangelica decurrens* Ldb. Fl.), Кошачья лапка двудомная (*Antennaria dioica*), резуха повислая (*Arabis pendula* L.), Змееголовник поникший, или змееголовник поникающий (*Dracopcephalum nutans*), Змееголоовник Рюйша (*Dracopcephalum ruyschiana*), щитоовник мужской, или папоротник мужской (*Dryopteris filix-mas*), *Heteropappus altaicus*, Фиалка

опушённая гетеропаптус алтайский, Щитовник картузианский, или игольчатый, или ланцетногребенчатый, или шартрёзский, или татарский (*Dryopteris carthusiana*), ирис русский, касатик короткотрубчатый, касатик русский (*Iris ruthenica* Ker-Gavler), перловник поникший (*Mélica nutans*) – многолетнее растение; вид рода перловник, длиннокорневищный злак. фиалка удивительная (*Viola mirabilis*), фиалка скальная (*Viola rupestris*), фиалка опушённая (*Viola hirta*).

Вокруг зарастающих озер развиты ивово-березовые прибрежные леса. Древостой образован ивой белой (*Salix alba*), березой повислой (*Betula pendula*), в подлеске ива трехтычинковая (*Salix triandra*), и. прутьевидная (*S. viminalis*), ежевика сизая (*Rubus caesius*). В травостое много влаголюбивых форм: черноголовка обыкновенная (*Prunella vulgaris*), лютик ползучий (*Ranunculus repens*), чистец болотный (*Stachys palustris*) и другие.

Произрастание в долине реки Порозиха красно-книжные и редкие для современных сообществ растений свидетельствует о их широком распространении на территории бассейна в предшествующий современному климатический интервал. Во время устойчивого развития сосновых лесов климат на юге Западно-Сибирской равнины был более суровым, чем современный. Более низкие, чем современные, среднегодовые температуры воздуха в XVII – первой половине XIX вв. сопровождалось увеличением площади оледенения в горах [15], снижением высоты термической границы леса в горах и увеличением площадей лесов на равнинах. Индикатором суровости климата были «белогорья» или «белки» (вершины, покрытые снегом в летнее время): Ануйские, Тигирецкие, Коргонские, Башелакские, Чарышские, Убинские, Ульбинские, Холзунские, Тургусунские, Нарымские, Курчумские [15]. В настоящее время в летний сезон они полностью освобождаются от снега.

По инструментальным наблюдениям Г. Спасского [16] зима на территории Алтайского Горного округа в XVII – первой половине XIX вв. была суровой. В январе 1811 г. в термометрах замерзла ртуть. Спиртовый термометр показывал от 30 до 40° по Реомюру (37,5–50 °C). Г. И. Спасский (1814) засвидетельствовал снижение урожайности сельскохозяйственных культур. Весна наступала в начале апреля, колесный путь устанавливался с мая по первые числа октября, а санный путь – с начала ноября до конца марта (первая декада апреля). Следовательно, весна, судя по весенней распутице, длилась с конца марта (первая декада апреля), до середины мая, а осень с первых чисел октября (середина октября) по начало ноября (середина ноября). И. П. Фальк зафиксировал в своих трудах суровые зимы, во время которых малые реки промерзали до дна «... ни один месяц, кроме июля, не безопасен от ночных морозов» [17]. А. И. Кулибин [18] зафиксировал морозы до 40° по Реомюру (50 °C) и заморозки в августе. Лето было жарким, сухим и коротким. В июне и июле – до 28° по Реомюру (35 °C) в тени. Иногда жара достигала 30° по Реомюру (37,25 °C). Наиболее теплой была первая половина лета. Осень продолжалась с половины августа до половины октября. Снег выпадал в конце сентября и сразу же

начинались морозы. В декабре 1860 г. наблюдался абсолютный минимум -55°C . Эта температура была определена по срочному термометру, поскольку абсолютные термометры появились позднее, отмечались многоснежные зимы.

Несмотря на благоприятные условия для произрастания лесов их площадь сокращалась. Лес вырубался быстрее, чем шло его восстановление. Начальство Горного округа издавало указы, способствующие сохранению лесных ресурсов округа. В указе от 21 января 1786 г. по докладу Г. М. Соймонова было предусмотрено: «расписание лесов по заводам сообразно с величиной и нуждами каждого» [19]. В Указе от 16 апреля 1828 г. говорится: «на землях ведомства заводского запрещаются кому-либо лесопильные мельницы, винокурные и другие заводы, требующие огненного действия» [20].

Современный климат в районе исследования можно классифицировать как умеренный континентальный (метеостанция Алейск). Он характеризуется частой сменой погоды из-за изменения характера воздушных масс различного происхождения. Н. Ф. Харламовой [21] установлено, что средняя годовая температура воздуха за период 1961–2011 гг. составила $2,3^{\circ}\text{C}$ или $2,2^{\circ}\text{C}$ за 1961–2004 гг. и $1,3^{\circ}\text{C}$ за 1881–1980 гг. Самый теплый месяц в году – июль, его средняя температура $19,8^{\circ}\text{C}$, самый холодный – январь ($-17,5^{\circ}\text{C}$). Разница температур самого теплого и самого холодного месяцев (годовая амплитуда) достигает $37,3^{\circ}\text{C}$. Абсолютный максимум температуры воздуха (в тени) был отмечен 22 июля 1953 г. ($38,3^{\circ}\text{C}$) и 11 августа 2002 г. ($38,3^{\circ}\text{C}$). Самая низкая температура воздуха (абсолютный минимум) была зафиксирована 7 января 1931 г. ($-51,5^{\circ}\text{C}$), 18 декабря 1938 г. ($-49,5^{\circ}\text{C}$) и 6 января 2001 г. ($-48,2^{\circ}\text{C}$). Как было отмечено выше, сложно сравнивать эти данные с результатами инструментальных наблюдений, полученными XVII – первой половине XIX вв., из-за различий в приборной базе измерения температуры воздуха. Однако факт сохранения снега в летний сезон на вершинах передовых хребтов невозможно отрицать, а также данные о большей продолжительности вегетационного периода в настоящее время. Если в первой половине XIX снег выпадал в конце сентября и начинались морозы, в наши дни, по данным [19], первая ($12,9^{\circ}\text{C}$) и вторая ($11,2^{\circ}\text{C}$) декады сентября еще теплые, особенно в дневное время. Но уже 17 сентября возможны первые заморозки в воздухе, поэтому 17–21 сентября с переходом суточной температуры через 10°C заканчивается период активной вегетации растительности. Самый ранний осенний заморозок наблюдался 23 августа 1937 г. Ранние осенние заморозки в воздухе отмечались 3 сентября. Устойчивый переход суточной температуры через $+5^{\circ}\text{C}$ происходит 6–9 октября, а через 0°C в конце октября. Средняя дата образования устойчивого снежного покрова приходится на 6–7 ноября, и в 90 % зим он образуется до 23 ноября. В отдельные годы устойчивый снежный покров формировался только в декабре: 6-го в 1942 и 1992 гг. и 3-го в 1955 г. Раннее образование устойчивого снежного покрова наблюдалось 17 октября 1961 г. и 18 октября 2000 г.

Во время холодного периода возможны оттепели, когда температура, измеренная максимальным термометром, поднимается выше 0°C . Наибольшая повторяемость оттепелей приходится на март (44 %), наименьшая – на январь (3 %). Зимние оттепели кратковременны (1–2 дн.), более продолжительны оттепели в начале и конце зимы. В ноябре 1973 г. число дней с оттепелью достигло 24, в 1968 г. оттепель длилась 26 дней: с 10 марта по 4 апреля. В среднем за год наблюдается 24 дня с оттепелью.

Условия увлажнения в районе исследования можно характеризовать как недостаточные для устойчивого возобновления леса. В 1908 г., который был наиболее дождливым, выпало 670 мм осадков, в 1973 г. – всего 259 мм. Особенно велика изменчивость осадков летом. Так, в июле 1947 г. выпало 187 мм осадков, что составило 267 %, или более двух с половиной норм, а в июле 1966 г. – всего 4 мм, или 6 % месячной нормы. Недостаточное для лесовосстановления количество осадков и неравномерность их количества в многолетнем ряду и по сезонам года делают невозможным восстановление лесов без помощи человека. Хозяйственная деятельность человека, напротив, приводит к сокращению площадей лесов района исследования [22] и полноты лесных насаждений [23].

В бассейне реки Порозиха современные леса приурочены к северо-западному склону нижней части ложбины стока. Однако на всем ее протяжении встречаются относительно молодые боровые почвы, материнской породой которых служат эоловые и аллювиальные пески. Молодые боровые почвы, по гипотезе В. А. Николаева [23], могли сформироваться после суббореального ксеротермического максимума не более чем 2000 лет назад. Можно предположить, что в более влажные климатические периоды территории занятые эоловыми песками, были покрыты сосновыми лесами.

По данным дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), построена картосхема распространения песчаных отложений в бассейне р. Порозиха (рис. 3, А). Большая часть таких отложений приурочена к днищу ложбины стока. Сопоставление данных моделирования с со схемой увлажненности территории, построенной по данным ДЗЗ (рис. 3, Б), позволяет предположить, что на территории Порозихинской ложбины стока леса занимали значительные площади. Они тяготели к районам распространения эолового рельефа. Если критерий кислотности ограничить $4,5 < \text{pH} < 7$, то пригодных участков становится значительно меньше, так как исключается значительная часть территорий с признаками заболачивания, выраженного в горизонте почв 30–60 см. Исходя из этого опыта, можно выделить 4 ключевых участка для лесовосстановления: в районе с. Ветелки к северу от болота Гилево на залежных землях рядом с участком леса; между с. Осколково и р. Крутиха на залежных землях к западу от леса; в 3 км на северо-запад от урочища Ярки на залежных землях; к юго-востоку от с. Романово и к северу от трассы 01К-13 в 500 м от левого берега р. Порозиха (рис 3.). Восстановление лесов, на перечисленных участках, позволит ожидать расширение ареала сосновых лесов на прилегающие к ним территории.

ВЫВОДЫ

Порозихинская ложбина стока представляла собой рефугиум бореальной флоры, в котором на протяжении Малого ледникового периода существовали сосновые леса. До настоящего времени сохранился небольшой участок леса – Чупинский бор.

Факторами сокращения ареала сосновых лесов на территории Предалтайской равнины послужили: ари-

дизация климата и интенсивная хозяйственная деятельность человека. Дальнейшее изменение климата в сторону потепления, географическое положение Порозихинской ложбины стока в южной части Приобского степного плато и относительно не глубокий, по сравнению с другими ложбинами, врез ее днища являются факторами, сдерживающими естественное лесовосстановление.

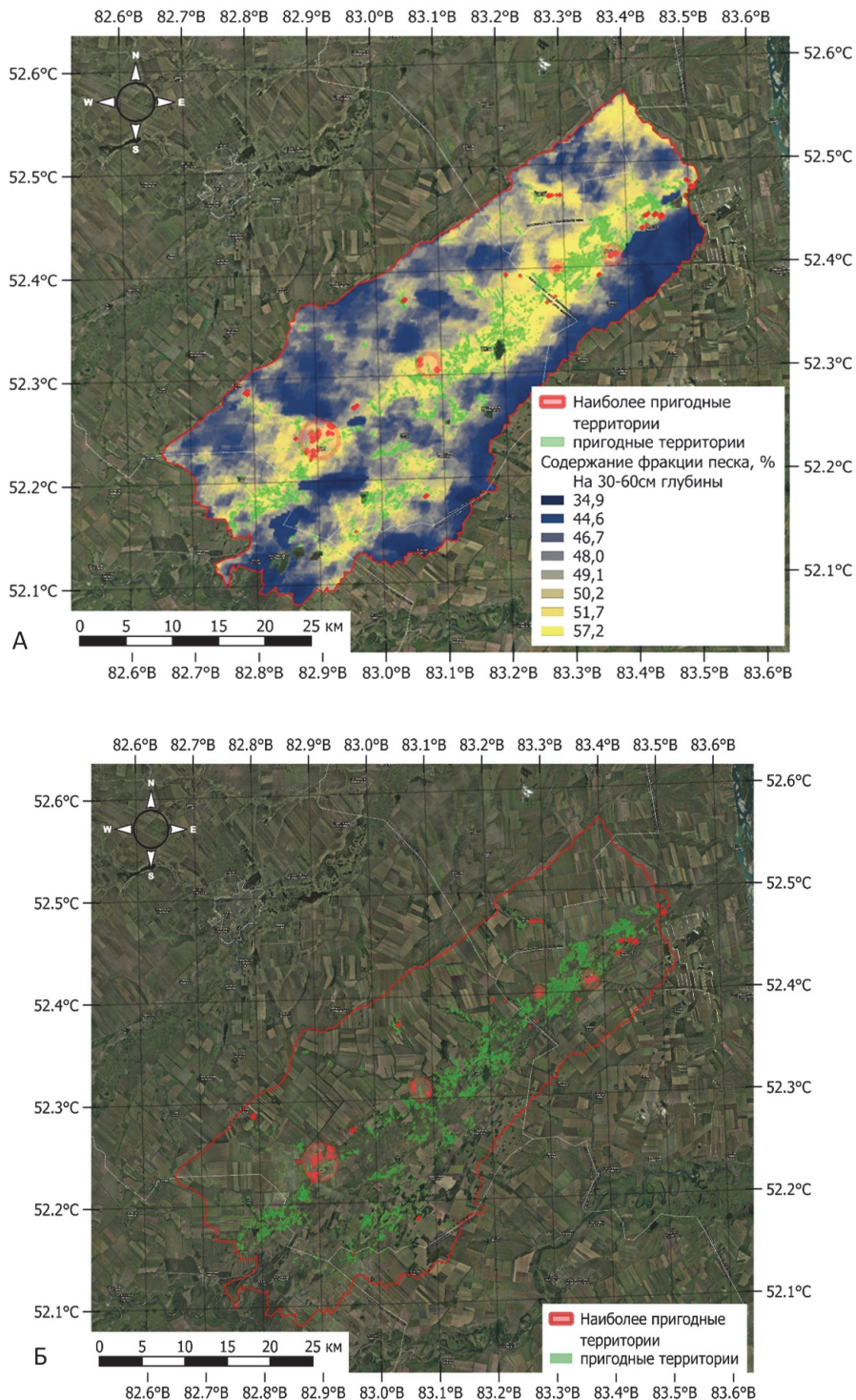


Рис. 3. Участки пригодные для произрастания леса:

А – распространение песчаных отложений в бассейне р. Порозиха (содержание фракции песка на глубине 30-60 см); Б – участки с оптимальными для восстановления сосны эдафическими условиями

Распространение боровых почв на территории Порозихинской ложбины стока позволяет реконструировать ареал распространения сосновых лесов, а применение геоинформационных технологий для обработки данных ДЗЗ дает возможность наиболее точно установить участки благоприятные для произрастания леса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Месоед И. Ю. К вопросу об установлении наиболее рациональных методов искусственного возобновления сосны в условиях ленточных боров Западно-Сибирского края // Труды Лебяжинской зональной лесной опытной станции. Вып. 1 : сб. ст. по лесному хозяйству, лесным культурам и агролесомелиорации зоны ленточных боров. Свердловск ; Москва : Гослестехиздат, 1934. С. 73–104.
2. Грибанов Л. Н. Ленточные боры Алтайского края и Казахстана. Москва : Сельхозгиз, 1954. 88 с.
3. Грибанов Л. Н. Степные боры Алтайского края и Казахстана. Москва ; Ленинград : Гослестбумиздат, 1960. 156 с.
4. Сосна степных и лесостепных боров Сибири / Л. И. Милютин, Т. Н. Новикова, В. В. Тараканов, И. В. Тихонова. Новосибирск : Изд-во «Гео». 2013. 127 с.
5. Малолетко А. М. Эволюция речных систем Западной Сибири в мезозое и кайнозое. Томск : Томский гос. ун-т, 2008. С. 200–201.
6. Адаменко О. М. Происхождение современной морфоскульптуры Предалтайской равнины // Проблемы геоморфологии и неотектоники платформенных областей Сибири. Новосибирск : Наука, 1970. С. 50–62.
7. Новиков И. С. Геоморфологические формации юга Западной Сибири и прилегающих территорий. Геоморфология и палеогеография. 2024. Т. 55. № 4. С. 26–41. <https://doi.org/10.31857/S2949178924040037>
8. Деев Е. В., Зольников И. Д., Курбанов Р. Н. Проблема мегапаводков и катафлювиальных отложений в понимании четвертичной истории северной Евразии (от редколлегии) // Геоморфология и палеогеография. 2024. № 55(4). С. 5–12. <https://doi.org/10.31857/S2949178924040014>. EDN: FHCGIW
9. Федорович Б. А. О происхождении и палеогеографии Прииртышских равнин // Матер. Всесоюз. совещ. по изуч. четверт. Периода. Москва : Изд-во АН СССР, 1961. Т. 3. С. 346–352.
10. Зыкина В. С., Зыкин В. С., Маликова Е. Л. Лёссово-почвенная последовательность и эоловый рельеф плейстоцена Западной Сибири: хронология и особенности их формирования // Геоморфология и палеогеография. 2024. Т. 55, № 2. С. 34–62 URL: <https://journals.eco-vector.com/2949-1789/article/view/660702> (дата обращения: 07.04.2026).
11. Михайлов И. Р., Абрамов Н. А., Долматов С. Н. Методы дистанционного зондирования земли в лесной промышленности // Современные инновации, системы и технологии – Modern Innovations, Systems and Technologies. 2023. № 3(3). С. 0301–0310. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2023-3-3-0301-0310>
12. Адамович И. Ю., Сиваков В. В., Челак Д. В. Использование информационных технологий при определении проективного покрытия эпифитных ли-

шайников в лихеноиндикации // Хвойные бореальной зоны. 2026. Т. XLIV, № 1. С. 28–33.

13. Чичкарев А. С., Маленко А. А., Малиновских А. А. Краткая характеристика живого напочвенного покрова в лесных культурах сосны в Чупинском бору // Аграрная наука – сельскому хозяйству : сб. материалов. В 2 кн. / XV Междунар. науч.-практ. конф. (12–13 марта 2020 г.). Барнаул : РИО Алтайского ГАУ, 2020. Кн. 1. С. 322–323.

14. Малиновских А. А. Флора Чупинского бора. Флористический список. URL: <https://www.plantarium.ru/page/personal/of/946.html> (дата обращения: 07.04.2026).

15. Чихачев П. А. Путешествие в Восточный Алтай / пер. с фр. В. В. Цыбульского. М. : Наука, 1974. 360 с.

16. Спасский Г. И. Замечания хозяйственные и до климата относящиеся, учиненные в 1811 и 1812 году в Барнауле // Технологический журнал. 1814. Т. 11, ч. 4. С. 82–89.

17. Фальк И. П. Записки путешествия // Полн. собр. уч. путешествий по России. СПб. : Изд. имп. Академии наук, 1824. Т. 6. 546 с.

18. Кулибин А. И. Описание Колывано-Воскресенских заводов по 1833 г. // Горн. журн., 1836. № 1. С. 158–180; № 2. С. 326–361; № 3. С. 568–599; № 4. С. 144–164; № 5. С. 314–342; № 6. С. 546–571; № 7. С. 158–182.

19. Полное собрание законов Российской империи – I, 1786, № 16312.

20. Полное собрание законов Российской империи – II, 1828, № 1960.

21. Харламова Н. Ф. Климат и сезонная ритмика природы Барнаула. Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2013. 132 с.

22. Барышникова О. Н., Гладких Д. А. Современные изменения ландшафтов Северо-Предалтайской провинции Алтае-Саянской горной страны // География и природопользование Сибири. Барнаул : Изд-во АлтГУ, 2023. № 31. С. 46–57.

23. Барышников С. Г., Коршунова Е. Е., Субботина Л. Л. Оценка полноты лесных насаждений ленточных боров степной зоны юга Западно-Сибирской равнины // Астраханский вестник экологического образования. 2025. № 5 (89). С. 78–86. DOI: 10.36698/2304-5957-2025-5-78-86

REFERENCES

1. Mesoed I. Yu. K voprosu ob ustanovlenii naibolee racional'nyh metodov iskusstvennogo vozobnovleniya sosny v usloviyah lentochnyh borov Zapadno-Sibirskogo kraja // Trudy Lebyazhinskoj zonal'noj lesnoj opytnoj stancii. Vyp. 1 : Sbornik statej po lesnomu hozyajstvu, lesnym kul'turam i agrolesomelioracii zony lentochnyh borov. Sverdlovsk ; Moskva : Goslestekhizdat, 1934. S. 73–104.
2. Griбанov L. N. Lentochnye bory Altajskogo kraja i Kazahstana. Moskva : Sel'hozgiz, 1954. 88 s.
3. Griбанov L. N. Stepnye bory Altajskogo kraja i Kazahstana. Moskva ; Leningrad : Goslesbumizdat, 1960. 156 s.
4. Sosna stepnyh i lesostepnyh borov Sibiri / L. I. Milyutin, T. N. Novikova, V. V. Tarakanov, I. V. Tihonova. Novosibirsk : Izd-vo «Geo». 2013. 127 s.

5. Maloletko A. M. Evolyuciya rechnyh sistem Zapadnoj Sibiri v mezozoe i kajnozoe. Tomsk : Tomskij gosudarstvennyj universitet, 2008. S. 200–201.
6. Adamenko O. M. Proiskhozhdenie sovremennoj morfokul'ptury Predaltajskoj ravniny // Problemy geomorfologii i neotektoniki platformennyh oblastej Sibiri. Novosibirsk : Nauka, 1970. S. 50–62.
7. Novikov I. S. Geomorfologicheskie formacii yuga Zapadnoj Sibiri i privileguyushchih territorij. Geomorfologiya i paleogeografiya. T. 55. No. 4, 2024. S. 26–41. <https://doi.org/10.31857/S2949178924040037>
8. Deev E. V., Zol'nikov I. D., Kurbanov R. N. Problema megapavodkov i kataflyuvial'nyh otlozhenij v ponimanii chetvertichnoj istorii severnoj Evrazii (ot redkollegii). Geomorfologiya i paleogeografiya. 2024. No. 55(4). S. 5–12. <https://doi.org/10.31857/S2949178924040014>. EDN: FHCGIW
9. Fedorovich B. A. O proiskhozhdenii i paleogeografii Priirtyshskih ravnin // Mater. Vsesoyuz. soveshch. po izuch. chetvert. Perioda. M. : Izd-vo AN SSSR, 1961. T. 3. S. 346–352.
10. Zykina V. S., Zykin V. S., Malikova E. L. Lëssovo-pochvennaya posledovatel'nost' i eolovyy rel'ef plejstocena Zapadnoj Sibiri: hronologiya i osobennosti ih formirovaniya // Geomorfologiya i paleogeografiya. T. 55, № 2. 2024. S. 34–62 <https://journals.eco-vector.com/2949-1789/article/view/660702> (data obrashcheniya: 07.04.2026).
11. Mihajlov I. R., Abramov N. A., Dolmatov S. N. Metody distancionnogo zondirovaniya zemli v lesnoj promyshlennosti // Sovremennye innovacii, sistemy i tekhnologii – Modern Innovations, Systems and Technologies. 2023. № 3(3). S. 0301–0310. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2023-3-3-0301-0310>
12. Adamovich I. Yu., Sivakov V. V., Chelak D. V. Ispol'zovanie informacionnyh tekhnologij pri opredelenii proektivnogo pokrytiya epifitnyh lishajnikov v lihe-noindikacii // Hvojnye boreal'noj zony. 2026. T. XLIV, No 1. S. 28–33.
13. Chichkarev A. S., Malenko A. A., Malinovskih A. A. Kratkaya harakteristika zhivogo napochvennogo pokrova v lesnyh kul'turah sosny v Chupinskom boru // Agrarnaya nauka – sel'skomu hozyajstvu : sbornik materialov. V 2 kn. / XV Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya (12–13 marta 2020 g.). Barnaul : RIO Altajskogo GAU, 2020. Kn. 1. S. 322–323.
14. Malinovskih A. A. Flora Chupinskogo bora. Floristicheskij spisok/ URL: <https://www.plantarium.ru/page/personal/of/946.html> (data obrashcheniya: 07.04.2026).
15. Chihachev P. A. Puteshestvie v Vostochnyj Altaj / per. s franc. V. V. Cybul'skogo. M. : Nauka, 1974. 360 s.
16. Spasskij G. Zamechaniya hozyajstvennye i do klimata odnosyashchiesya, uchinnye v 1811 i 1812 godu v Barnaule // Tekhnologicheskij zhurnal. 1814. T. 11, ch. 4. S. 82–89.
17. Fal'k I. P. Zapiski puteshestviya // Poln. sobr. uch. puteshestvij po Rossii. SPb., Izd. imp. Akademii nauk, 1824. T. 6. 546 s.
18. Kulibin A. I. Opisanie Kolyvano-Voskresenskikh zavodov po 1833 g. // Gorn. zhurn., 1836. № 1. S. 158–180; № 2. S. 326–361; № 3. S. 568–599; № 4. S. 144–164; № 5. S. 314–342; № 6. S. 546–571; № 7. S. 158–182.
19. Polnoe sobranie zakonov Rossijskoj imperii – I, 1786, № 16312.
20. Polnoe sobranie zakonov Rossijskoj imperii – II, 1828, № 1960.
21. Harlamova N.F. Klimat i sezonnaya ritmika prirody Barnaula. Barnaul : Izd-vo Alt. un-ta, 2013. 132 s.
22. Baryshnikova O. N., Gladkih D. A. Sovremennye izmeneniya landshaftov Severo-Predaltajskoj provincii Altae-Sayanskoj gornoj strany // Geografiya i priro-dopol'zovanie Sibiri Barnaul : Izd-vo AltGU, 2023. № 31. S. 46–57.
23. Baryshnikov S. G., Korshunova E. E., Subbotina L. L. Ocenka polnoty lesnyh nasazhdenij lentochnyh borov stepnoj zony yuga Zapadno-Sibirskoj ravniny // Astrahanskij vestnik ekologicheskogo obrazovaniya. 2025. № 5 (89). S. 78–86. DOI: 10.36698/2304-5957-2025-5-78-86

© Барышникова О. Н., Маленко А. А.,
Почёмин Н. М., Чичкарев А. С., 2026

Поступила в редакцию 24.05.2026

Принята к печати 26.06.2026