

Научная статья

УДК 630*161

DOI: 10.37482/0536-1036-2022-4-127-145

Лесопригодность экотопов Волго-Ахтубинской поймы для культур сосны

А.С. Манаенков[✉], д-р с.-х. наук, гл. науч. сотр.; ResearcherID: [Y-8283-2018](https://orcid.org/0000-0002-2084-2147),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2084-2147>

А.С. Пономарев, аспирант; ResearcherID: [AAH-5068-2020](https://orcid.org/0000-0003-1885-9959),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1885-9959>

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексной мелиорации и защитного лесоразведения РАН, просп. Университетский, д. 97, г. Волгоград, Россия, 400062; manaenkov1@yandex.ru[✉], girolike@gmail.com

Поступила в редакцию 16.11.20 / Одобрена после рецензирования 13.02.21 / Принята к печати 16.02.21

Аннотация. Наиболее обширные песчаные массивы на юге Европейской России сосредоточены в поясе сухих степей и полупустынь. Эффективное использование данных земель требует создания защитных лесных насаждений из засухоустойчивых хвойных пород – сосны обыкновенной и сосны крымской. Производительность и долговечность таких древостоев широко варьируют по территории и зависят от наличия дополнительного к атмосферным осадкам водного питания и минеральной обеспеченности корнеобитаемого слоя. В связи с этим особый интерес для лесоразведения представляют песчаные массивы «остепненных» речных долин, сложенные многофазными или однофазными полиминеральными породами. В число важных объектов лесоразведения входит северная (в пределах Волгоградской области), наиболее высокая и дренируемая часть Волго-Ахтубинской поймы. Зарегулирование стока р. Волги Волжской ГЭС привело к перестройке режимов поверхностных и грунтовых вод, становлению новых условий водно-минерального питания и изменению других важных факторов существования лесных экосистем на данной территории. Цель – разработать классификацию экотопов Волго-Ахтубинской поймы по условиям водно-минерального питания, культивирования, ожидаемой производительности и долговечности насаждений сосны. Исследованы связи ростовых показателей древостоев *Pinus silvestris* L. с почвенно-грунтовыми и гидрологическими условиями на разных экотопах крупноривистой и переходной пойм после зарегулирования стока р. Волги Волжской ГЭС. Выявлены закономерности динамики этой связи. Установлено, что в северной части Волго-Ахтубинской долины (примерно до линии Капустин Яр – Каменный Яр) с усилением слоистости, утяжелением гранулометрического состава корнеобитаемого слоя до супесчаного, понижением уровня поверхности при небольшом удалении от дренирующего русла влагообеспеченность и рост культур сосны обыкновенной улучшаются, повышается лесопригодность экотопов. На почвах, подстилаемых мощными суглинками, существует опасность раннего распада и гибели высокополнотных сосняков в периоды маловодных и засушливых лет. По этим показателям, а также условиям создания лесных культур, производительности и долговечности насаждений выделено 3 группы лесопригодности экотопов. Наименее благоприятные экотопы – на высоких участках ривистой и переходной пойм с маломощными почвами различного состава на одно-

фазных рыхлых песках при глубоком (более 4–5 м) залегании зеркала грунтовой воды в межень. Наиболее благоприятные – хорошо дренируемые участки переходной поймы с легкими почвами на мощных слоистых, преимущественно супесчаных отложениях, а также на песках с близким к поверхности залеганием грунтовой воды. Средние по условиям – слабо дренируемые участки переходной поймы с маломощными супесчаными и суглинистыми почвами на мощных суглинках.

Ключевые слова: зарегулирование стока, остепнение экотопов, экологические факторы, древостой сосны, ростовые показатели, лесорастительные условия, однородные группы экотопов, лесоразведение, сосна обыкновенная, сосна крымская, Волго-Ахтубинская пойма

Для цитирования: Манаенков А.С., Пономарев А.С. Лесопригодность экотопов Волго-Ахтубинской поймы для культур сосны // Изв. вузов. Лесн. журн. 2022. № 4. С. 127–145. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2022-4-127-145>

Original article

Forest Sustainability of Ecotopes of the Volga-Akhtuba Floodplain when Cultivating Pine Plantations

Alexander S. Manaenkov[✉], Doctor of Agriculture, Chief Research Scientist;

ResearcherID: [Y-8283-2018](https://orcid.org/0000-0002-2084-2147), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2084-2147>

Alexander S. Ponomarev, Postgraduate Student; ResearcherID: [AAH-5068-2020](https://orcid.org/0000-0003-1885-9959),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1885-9959>

Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of Russian Academy of Sciences, prosp. Universitetskiy, 97, Volgograd, 400062, Russian Federation; manaenkov1@yandex.ru[✉], girolike@gmail.com

Received on November 16, 2020 / Approved after reviewing on February 13, 2021 / Accepted on February 16, 2021

Abstract. In the south of European Russia, the largest sand massifs are found in the zone of dry steppes and semi-deserts. Effective utilization of such lands requires creation of protective forest planting of drought-resistant coniferous species like Scots pine and Crimean pine. The productivity and longevity of such stands vary widely over the territory and depends on the presence of additional to atmospheric precipitation water supply and the root layer mineral supply. In this regard, sand massifs of steppified river valleys composed of multiphase or single-phase polymineral rocks are of particular interest for afforestation. One of the most important objects of afforestation is the Northern (within the Volgograd region) highest and most drained part of the Volga-Akhtuba floodplain. Volga River damming by the Volga Hydroelectric Station (Volga GES) led to a restructuring of surface and ground water regimes, formation of new conditions of water and mineral nutrition and changes in other important factors of forest ecosystems in the area. The research aims at developing a classification of the Volga-Akhtuba floodplain ecotopes by water-mineral nutrition conditions, cultivation, expected productivity and longevity of pine plantings. We studied relationships of growth parameters of *Pinus silvestris* L. stands with soil-ground and hydrological conditions in different ecotopes of the large hilly and transitional floodplains after the Volga River damming by the Volga GES. Dynamics patterns of this relationship were revealed. It was found that in the northern part of the Volga-Akhtuba valley (approximately up to the Kapustin Yar – Kamenny Yar line) with increasing stratification, heavier granulometric composition



of the root layer to sandy loam layer, lowering the surface level at a small distance from the drainage channel moisture supply and growth of Scots pine plantations improve, forest suitability of ecotopes increases. There is a risk of early decay and death of high-density pine forests in periods of low water and dry years on soils underlain by thick loams. Three groups of ecotope forest suitability were identified according to these indicators, as well as the conditions for the creation of forest plantations, productivity and longevity of plantings. The least favorable ecotopes are in the highlands of the hilly and transitional floodplains with minor soils of different composition on single-phase open-textured sands with deep (more than 4–5 m) groundwater table during low-water season. The most favorable are well-drained areas of the transitional floodplain with light soils on thick stratified predominantly sandy loam sediments, as well as on sands with close to the surface groundwater occurrence. Average ecotopes in terms of conditions are poorly drained areas of the transitional floodplain with minor sandy loam and loamy soils on deep loams.

Keywords: damming, steppification of ecotopes, environmental factors, pine stand, growth parameters, forest site conditions, homogeneous ecotope groups, afforestation, Scots pine, Crimean pine, Volga-Akhtuba floodplain

For citation: Manaenkov A.S., Ponomarev A.S. Forest Sustainability of Ecotopes of the Volga-Akhtuba Floodplain when Cultivating Pine Plantations. *Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal*, 2022, no. 4, pp. 127–145. (In Russ.). <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2022-4-127-145>

Введение

Зарегулирование речного стока плотинами гидроэлектростанций, гидрозвулов, других крупных гидротехнических сооружений и подчинение его режима отраслевым интересам неизменно ведут к негативному изменению условий жизнеобеспечения природных пойменных экосистем, их глубокой перестройке и, как правило, к снижению устойчивости и биологической продуктивности всего ландшафтообразующего комплекса низовий речных долин, переходу его в новое состояние [8, 19, 20].

В северной части Волго-Ахтубинской поймы произошло углубление русла реки, а также сформировались мелководные перекаты, препятствующие поступлению полых вод в центральную часть поймы [6]. В зависимости от природно-экономических и политических особенностей стран и регионов мира предпринимаются различные меры противодействия подобным негативным процессам. Наиболее действенными считаются совершенствование методики прогноза обеспеченности стока и оптимизация режима пропуска воды в период половодий и паводков, адаптация природно-хозяйственного комплекса к трансформированным гидрологическим условиям пойменных земель [2, 18].

На территории засушливых регионов, где интразональность пойм особенно выражена, существенная перестройка режима поверхностных и грунтовых вод вследствие зарегулирования руслового стока и снижения поемности земель способствует началу зональных процессов, сужает экологическую нишу древесной флоры. Полнотные древостои лесных экосистем, существование которых невозможно без дополнительного к влаге атмосферных осадков грунтового водного питания, деградируют, замещаются лесонасаждениями малоценных ксерофитных пород или уступают место степным экосистемам. Процесс ксерофитизации и остепнения наиболее характерен для экотопов высокой и средней поймы [5, 19].

Снижение уровня и качества лесистости пойменных земель – нежелательное явление [17]. Блокировать его можно только активизацией лесокультурных работ, для чего требуется всестороннее изучение и объективная оценка динамики лесопригодности экотопов в условиях измененного гидрологического режима.

На европейской территории России наиболее важный объект искусственного облесения – северная (в пределах Волгоградской области), наиболее высокая и дренируемая часть Волго-Ахтубинской долины, расположенная на границе сухой степи и полупустыни в окружении промышленно развитой, плотно заселенной территории. Зарегулирование стока р. Волги Волжской ГЭС в 1958 г. привело к сокращению степени и продолжительности затопления данной территории в весенне-летний период примерно в 2 раза (с 50–60 % площади на 1,0–1,5 мес. до 30 % при продолжительности не более 2 нед.). Причем изменение режима затопления особенно резко проявилось в средние и маловодные годы [16].

Участки гривистой поймы с маломощными почвами на однофазном древнеаллювиальном кварцевом песке и отложениях преимущественно легкого гранулометрического состава при залегании грунтовой воды (ГВ) в межень глубже 3–5 м из-за редкого непродолжительного затопления в весеннее половодье стали значительно суше и беднее. Несмотря на существенное увеличение нормы осадков (с 355 до 410–420 мм/год при испаряемости 650–700 мм/год) и значительную водность Волги [7, 9], участки в основном лишились древесной растительности, стали рекреационно непривлекательными и частично перешли в категорию бросовых земель.

Большая часть таких земель приурочена к руслам рек Волги, Ахтубы, крупных рукавов и ериков и по природоохранно-хозяйственным соображениям подлежит облесению. Однако попытки создания на данных землях лесных культур лиственных пород-мезофитов не имеют успеха. Такие культуры плохо приживаются, медленно растут и рано распадаются. На их фоне выгодно отличаются только зеленые островки сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.), заложенные в порядке производственного опыта в разные годы рядовой посадкой сеянцев с 3-метровыми междурядьями.

Цель исследования – разработать классификацию экотопов Волго-Ахтубинской поймы по условиям водно-минерального питания, культивирования, ожидаемой производительности и долговечности насаждений сосны.

Объекты и методы исследования

Лесорастительные условия, рост и состояние насаждений сосны изучали в 2005, 2006 [10] и 2017–2019 гг. на 22 пробных площадях (ПП), заложенных в 15–76-летних культурах. Применены методы бурового зондирования зоны аэрации почвогрунта и оценены связи ростовых показателей модельных деревьев с почвенно-грунтовыми, климатическими и гидрологическими факторами [1, 15]. ПП закладывали с использованием общепринятых методов лесной таксации в наиболее типичной части насаждений вдоль рядов посадки культур. Число и длину рядов определяли исходя из наличия на ПП не менее 100 живых деревьев. Для анализа хода роста культур подбирали и срубали на уровне почвы среднее (модельное) дерево. Измеряли его длину и протяженность живой

кроны, по пневому срезу устанавливали возраст. Производили обмер хлыста и фиксировали ежегодные приросты в высоту от вершины до спила, учитывая высоту пня. Ширину годичных колец с распределением на раннюю и позднюю древесину изучали на выпилах срубленных модельных деревьев и на ядрах, взятых на высоте 1,3 м на 2–3 средних деревьях каждой ПП.

Скважины на ПП закладывали ручным буром на глубину 2,5–4,0 м – при близком залегании грунтовой воды, на глубину 5 м и более – в прирусловой пойме при большой мощности зоны аэрации почвогрунта, сложенного однофазным песком. Описание почвогрунта производили по шкале Н.А. Качинского с распределением на рыхлый и связный песок, супесь, легкий, средний и тяжелый суглинок. Из наиболее представленных слоев отбирали образцы для определения содержания физической глины в лабораторных условиях. Глубину залегания грунтовой воды (меженный уровень) устанавливали с помощью металлической «хлопушки» и шнура-рулетки в конце июля – сентябре года закладки ПП.

Метеоданные и расходы полой воды Волжской ГЭС за период роста насаждений получены из базы данных Волгоградского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и Волжского гидроузла. Корреляционный анализ данных полевых наблюдений по ходу роста деревьев проводили с использованием программы Statgraphics 5.0 +.

Принимали во внимание следующие обстоятельства:

доступность почвенной влаги для сосны определяется не только влажностью и капиллярностью питающего слоя, но и его насыщенностью корнями, которая быстро уменьшается с глубиной и снижением минеральной обеспеченности грунтов [14];

текущий прирост сосны в высоту является функцией влагообеспеченности насаждения в предыдущем гидрологическом году (ГГ), а по диаметру – в текущем [1];

при отсутствии альтернативных источников влаги изменчивость текущего прироста прямо пропорциональна динамичности атмосферного увлажнения и влагоемкости корнеобитаемого слоя (КС) [12];

продолжительность периода большого роста сосны (текущий прирост в высоту 40 см и более) увеличивается с улучшением лесорастительных условий [13];

доля участия поздней древесины в формировании радиального прироста прямо пропорциональна обеспеченности насаждений влагой во 2-й половине вегетационного периода [15];

формирование весенне-летнего стока Волги и его влияние на рост древостоев в основном обусловлены гидрометеорологическим режимом на территории водосборных бассейнов в среднем и верхнем течении реки [4], который слабо коррелирует с флуктуациями погодных условий в ее низовьях.

Коэффициент чуткости прироста сосны в высоту, %, полученный по формуле Т.Т. Бинтвинскас [1]:

$$Чк = \frac{\sum_{1}^{n} |\Delta Z_h|}{\sum_{1}^{n} \Delta Z_h} \cdot 100,$$

где $\sum_{1}^{n} |\Delta Z_h|$ – абсолютные разности очередных годичных приростов в высоту;

$\sum_{1}^{n} \Delta Z_h$ – сумма годичных приростов в высоту за исследуемый период.

Результаты исследования и их обсуждение

Установлено, что во всем гипсометрическом поясе изучаемых площадей прирусловой и переходной поймы (превышение над меженным урезом воды в р. Волге от 5 до 8–10 м и более) признаки затопления в половодье на протяжении последних 15–18 лет отсутствуют. Средневзвешенное содержание глинистых частиц в КС сосны (2,0–3,5 м) колеблется в широких пределах (от 3 до 25 %) и соответствует требовательности этой породы к плодородию [9]. В зоне аэрации почвогрунта формируются 2 слоя регулярного увлажнения: верхний (мощностью 1,5–2,5 м) за счет атмосферных осадков и нижний (с глубины 1,5–3,0 м и более) вследствие подъема ГВ в половодье и паводки. Капиллярно-подвешенную влагу верхнего (корненасыщенного) слоя сосна интенсивно использует в 1-й половине вегетации, нижнего (менее интенсивно) во 2-й – после схода полой воды и значительного просыхания КС. Благодаря этому в пойме сосна меньше страдает от позднелетне-осеннего дефицита почвенной влаги, чем на песках речных террас и возвышенностей с недоступной ГВ, и может формировать высокопроизводительные (табл. 1) долговечные насаждения.

Анализ ростовых показателей сосны на ПП свидетельствует об их сложной многофакторной детерминированности. Внешние и внутренние (обусловленные состоянием и фазами развития древостоя) факторы воздействуют на данные показатели в совокупности, нивелируя или усиливая влияние отдельных внешних факторов (весеннего расхода воды, количества атмосферных осадков за ГГ, гипсометрического уровня, состояния и строения почвогрунта, хозяйственных мероприятий). Создается сложная и динамичная мозаика питательных режимов древостоя, затрудняющая их классификацию. Для распределения пойменных земель по степени лесопригодности необходима многосторонняя оценка этих режимов.

Так, даже на самых высоких (ПП 6, 8, 9, 14, 18–22) участках гривистой поймы с маломощными почвами и почти однофазными песчаными почвогрунтами сила влияния суммы осадков за июль–сентябрь, когда КС бывает наиболее иссушен, на текущий прирост сосны в высоту на протяжении всего периода жизни насаждения не превышает 11–17 %. С ростом капиллярности грунта (ПП 2–4, 13, 15–17), приближением уровня ГВ к поверхности (ПП 1, 4, 5, 10) влияние уменьшается до 1–3 %. Связь текущего прироста с суммой осадков за август–сентябрь остается ощутимой.

В целом на рост сосновых культур в высоту на песчаных экотопах крупногривистой поймы наибольшее влияние ($r^2 = 13–25\%$) оказывает сумма осадков за весь ГГ, теплый период ($r^2 = 13–29\%$) и особенно апрель–июнь ($r^2 = 15–34\%$), когда формируется текущий прирост и почвенная влага десугируется наиболее интенсивно. Последнее свидетельствует о том, что в 1-й половине вегетации, при значительной влажности КС, подпертая половодьем грунтовая влага практически не используется на транспирацию древостоев. Этому способствует и низкая температура влаги. В послепаводковый период под действием гравитации грунтовая влага интенсивно стекает и остается доступной в небольшом количестве. Наличие супесчаных прослоев в толще песка (ПП 7, 11, 12) замедляет процесс гравитационного иссушения почвы и повышает запасы подвешенной влаги. Маломощный (0,3–0,5 м) слой связной почвы (ПП 6 и 9), подстилаемой однофазным песком, напротив, снижает эффективность осадков теплого периода и лесопригодность высоких экотопов.

Таблица 1

Экологические условия и таксационные показатели насаждений сосны
в Волго-Ахтубинской пойме
Environmental conditions and valuation indicators of pine plantings
in the Volga-Akhtuba floodplain

№ ПП	Почва	Уровень грунтовой воды (УГВ, м)	Средневзвешенное содержание физической глины, %	Густота, шт./га	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Класс бонитета	Полнота, ед.	Запас, м ³ /га	Период большого роста, лет
1	Супесчаная маломощная на песке	2,5	6,0	620	34	18	21	1а	0,6	165	>29
2	Супесчаная маломощная на суглинке	2,3	8,5	830	35	19	22	1а	0,8	340	21
3	Суглинистая мощная на суглинке	3,5	25,0	650	18	9	11	1	0,3	28	–
4	Суглинистая маломощная на аллювиальном суглинке	3,5	18,0	230	18	11	12	1	1,0	160	–
5	Суглинистая среднемощная на песке	2,7	19,0	1200	28	13	18	1а	0,8	210	19
6	Суглинистая маломощная на песке	>5,0	4,0	1040	31	9	14	3	0,6	85	21
7	Песчаная маломощная на слойстом аллювиальном песке	>5,0	6,0	400	51	17	30	2	0,8	270	–
8		>5,0	3,0	1500	37	14	16	1	0,9	220	>29
9	Супесчаная среднемощная на слойстом аллювиальном песке	>5,0	6,0	870	37	11	17	3	0,8	110	22

Окончание табл. 1

№ ПП	Почва	Уровень грунтовой воды (УГВ, м)	Средневзвешенное содержание физической глины, %	Густота, шт./га	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Класс бонитета	Полнота, ед.	Запас, м ³ /га	Период большого роста, лет
10	Супесчаная маломощная на слоистом аллювиальном песке	3,2	5,0	1150	34	15	17	1	0,8	200	>30
11	Песчаная среднemocная на слоистой аллювиальной супеси	>5,0	13,5	770	64	22	25	1	0,9	370	>57
12		>5,0	11,0	370	55	19	28	2	0,7	200	–
13	Супесчаная среднemocная на аллювиальном суглинке	>5,0	19,5	1760	32	17	18	1a	1,3	380	>26
14	Песчаная маломощная на слоистом аллювиальном песке	>5,0	5,0	1390	26	11	13	1a	0,8	110	>17
15	Суглинистая мощная на суглинке	4,0	25,0	1575	30	17	19	1a	0,8	368	22
16		4,0	23,0	761	38	19	22	1a	0,8	254	25
17	Песчаная среднemocная на слоистом аллювиальном суглинке	6,0	18,0	740	39	20	24	1a	0,6	322	27
18	Песчаная маломощная на песке	9,0	5,0	1346	38	11	18	3	0,6	254	22
19		9,0	5,0	2032	15	5	8	2	0,7	38	–
20		8,0	3,0	1143	38	11	14	3	0,7	120	23
21		8,0	5,0	923	42	14	18	2	0,7	89	25
22*		8,0	5,0	347	39	7	16	5	0,7	31	21

*Сосна крымская.

Повышенные суммы осадков за теплый период предыдущего ГГ, особенно за август–сентябрь, благоприятно ($r^2 = 18$ и 50%) сказываются и на росте высокополнотных культур вблизи дренирующих водотоков (ПП 1 и 7), где с угасанием половодья зеркало ГВ стремительно понижается, а подвешенная влага из увлажненного ею подстилающего песка стекает за пределы КС.

На участках с большой мощностью слоистых отложений влияние осадков теплого периода на рост сосновых насаждений прослеживается слабее, а грунтового увлажнения остается заметным и при залегании зеркала воды в межень ниже 3–5 м (ПП 3, 13, 17). В этих условиях несколько увеличивается и эффективность атмосферных осадков холодного периода.

Однако положительное влияние повышенных сумм атмосферных осадков на рост насаждений сосны зависит не только от мощности, состава и строения почвогрунта КС, но и от возраста, густоты, охвоенности и состояния древостоя, наличия конкурентов в виде лиственных пород и т. п. То есть от факторов, определяющих потребность насаждения в почвенной влаге. Несмотря на большую изменчивость корреляционной связи прироста с почвенно-грунтовыми условиями, самую значительную величину она имеет, когда древостой достигает возраста 11–20...11–30 лет – после прекращения агротехнических уходов, смыкания культур при сохранении способности к быстрому росту.

На рост сосны в молодом возрасте на песчаных экотопах высокой поймы (ПП 6, 8, 14, 18, 19) небольшое положительное воздействие оказывает повышенная сумма осадков и за май–июнь текущего ГГ (года формирования прироста).

С увеличением возраста древостоя, углублением вертикальных корней и притуплением прироста (снижением относительной транспирационной активности) влияние осадков уменьшается, становясь малозаметным (ПП 2, 5, 10, 11) с года установления устойчивого контакта корней древостоя с капиллярной каймой ГВ.

Положительное влияние расхода воды Волжской ГЭС в предыдущем году (за весь год) на текущий прирост сосны в высоту также обусловлено высотным уровнем и гранулометрическим составом почвогрунта. На песчаных отложениях крупногравистой поймы оно не превышает 10% (ПП 20) и ослабевает как с повышением уровня поймы (ПП 18), так и в понижениях, где расположенная наиболее глубоко часть корневой системы сосны в периоды максимального сброса воды может погружаться в ГВ и снижать свою активность. На территории переходной поймы положительное влияние повышенной водности на прирост достигает максимума ($r = 0,42$) вблизи дренирующих водотоков на участках со слоистыми относительно легкими слагающими породами (ПП 17).

Рассчитанный коэффициент чуткости выявляет сложную, но в целом объяснимую закономерность (табл. 2). Так, наименее чуткими к условиям среды ($Чк \leq 20\%$) оказались молодняки и средневозрастные насаждения (ПП 4, 15, 17), произрастающие вблизи дренирующих водотоков на мощных слоистых супесчано-суглинистых отложениях, обеспечивающих высокий капиллярный подъем грунтовой влаги. Несколько более чуткими ($Чк = 24–29\%$) – насаждения на экотопах с близким к поверхности уровнем ГВ (ПП 1, 2, 10), а также на мощных слоистых, преимущественно суглинистых отложениях вдали от дренирующего водотока (ПП 3, 13, 16). Коэффициент чуткости в пределах $30–41\%$

имеют насаждения на мало- и среднемоощных суглинистых почвах, подстилаемых песком (ПП 5 и 6), на супесчаных почвах, развитых на мощных слоистых, преимущественно легких отложениях (ПП 9 и 11), а также на песчаных почвах и однофазных песках высоких экотопов крупногивистой поймы (ПП 14, 18–21). Наиболее чувствительные к условиям среды ($Чк = 52–54\%$) – относительно густое (1500 дер./га) средневозрастное насаждение сосны обыкновенной на песчаной почве (ПП 8) и насаждение сосны крымской на рыхлом песке высокой поймы (ПП 22).

Для менее чувствительных насаждений характерен и меньший коэффициент вариации текущего прироста.

Таблица 2

**Экологические условия и прирост в высоту культур сосны
в Волго-Ахтубинской пойме**
**Environmental conditions and height growth of pine plantations
in the Volga-Akhtuba floodplain**

№ ПП	УГВ, м	Средневзвешанное содержание физической глины, %	Средний прирост, см				Коэффициент вариации текущего прироста в высоту, %	Чк, %
			за всю жизнь	11–20 лет	21–30 лет	31–39 лет		
1	2,5	6,0	50,6	68,7	59,9	–	37,3	29
2	2,3	8,5	54,8	64,0	57,4	–	29,2	24
3	3,5	25,0	45,7	52,8	–	–	43,8	26
4	3,5	18,0	61,7	75,0	–	–	35,7	16
5	2,7	19,0	46,0	59,7	34,0	–	41,3	37
6	>5,0	4,0	30,0	34,6	25,6	–	36,7	30
8	>5,0	3,0	37,0	46,5	34,2	–	47,0	54
9	>5,0	6,0	27,0	29,9	25,8	12,7*	48,2	37
10	3,2	5,0	44,4	43,5	41,5	–	27,2	25
11	>5,0	13,5	35,1	59,1	36,2	21,4	48,5	38
13	>5,0	19,5	56,1	67,8	40,0	–	43,3	25
14	>5,0	5,0	43,3	45,7	41,8**	–	42,2	30
15	4,0	25,0	51,0	75,0	42,0	–	46,3	19
16	4,0	23,0	48,9	76,7	43,7	13,4	49,1	25
17	6,0	18,0	52,9	85,0	48,0	28,2	43,5	20
18	9,0	5,0	34,2	50,0	25,1	–	46,8	37
19	9,0	5,0	32,9	–	–	–	39,5	33
20	8,0	3,0	29,0	39,8	28,6	9,8	51,7	40
21	8,0	5,0	31,0	45,2	34,8	9,8	55,7	41
22	8,0	5,0	18,5	27,6	20,3	16,1	48,5	52

Примечание: Прирост культур в высоту изучался в 2005 (на ПП 1–11) и в 2017 гг. (на ПП 11, 13–22). *За 6 лет. **За 4 года.

Средний прирост сосны в высоту в первые 1–2 десятилетия после смыкания крон в насаждении (табл. 2), т. е. в период максимума его потребности во влаге, непродуктивного испарения осадков и отсутствия влияния агротехнических

уходов, на разных по почвенно-грунтовым условиям участках Волго-Ахтубинской поймы имеет большую пестроту.

На участках с мало- и среднемощными супесчаными и суглинистыми почвами, подстилаемыми аллювиальным песком при глубоком залегании ГВ, в первые 10 лет жизни молодняка прирост не достигает 40 см, а за следующие 10 лет уменьшается до 25–26 см (ПП 6 и 9). Уже к 25–30 годам бонитет насаждений снижается до II,5–III класса (см. табл. 1, рис. 1). Эоловая переработка маломощной почвы (облегчение гранулометрического состава покровных отложений) несколько улучшает лесорастительные условия. На перевеянных участках средний прирост в молодняках (до 20 лет) составляет 40–50 см, а затем снижается до среднего уровня (25–35 см). Культуры до 25–30 лет соответствуют I–II, а позднее II–II,5 классам бонитета (ПП 8, 14, 18, 20, 21).

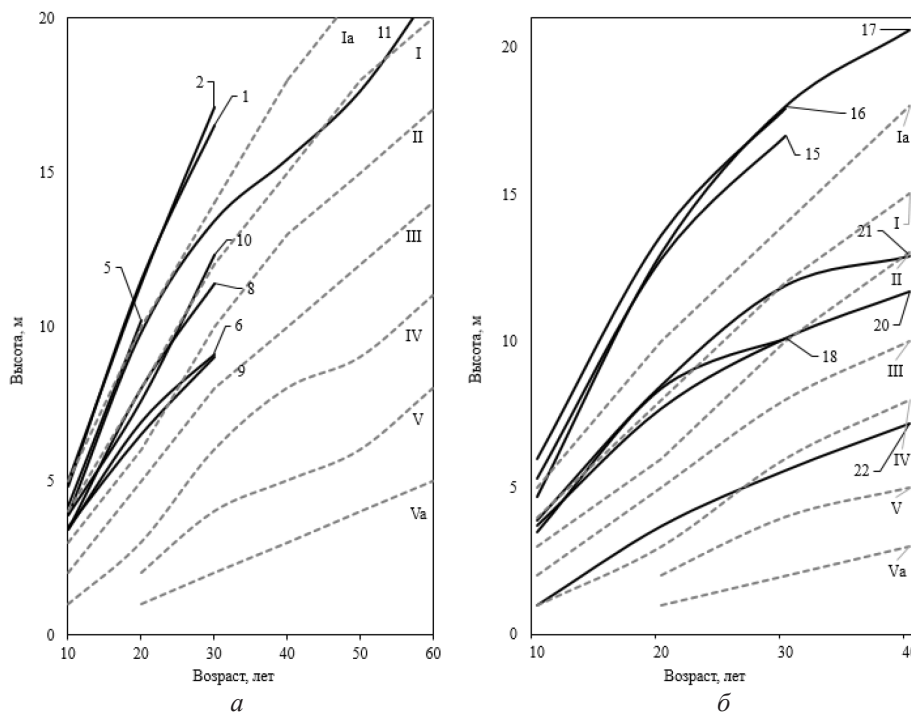


Рис. 1. Ход роста в высоту и бонитет (I–V) древостоя сосны на различных экотопах Волго-Ахтубинской поймы: а – ПП 1, 2, 5, 6, 8–11; б – ПП 15–18 и 20–22

Fig. 1. Height growth rate and quality class (I–V) of pine stands on various ecotopes of the Volga-Akhtuba floodplain: а – sample areas 1, 2, 5, 6, 8–11; б – 15–18 and 20–22

Следует отметить, что, несмотря на замедленный рост (в 40 лет бонитет насаждения ниже IV класса), на однофазных аллювиальных песках здоровые устойчивые насаждения образует сосна крымская *Pinus pallasiana* Lamb., произрастающая на ПП 22 (см. табл. 2 и рис. 1). Повышенная отзывчивость текущего прироста этого вида на атмосферные осадки апреля–июня ($r = 0,42-0,56$), по-видимому, обусловлена высокой охвоенностью деревьев и большим коэффициентом транспирационной активности, чем у сосны обыкновенной.

На легких и средних почвах (супесчаных и суглинистых), подстилаемых мощными слоистыми грунтами (ПП 11, 13, 15–17), в 1-е десятилетие средний прирост сосны в молодняках составляет 60–70 см и более, а во 2-е уменьшается до 35–45 см.

На легких мощных почвогрунтах после достижения корнями капиллярной каймы ГВ он снова существенно увеличивается (ПП 11) – производительность насаждений на разных по капиллярности подстилающих породах выравнивается.

В целом насаждения сосны обыкновенной на таких экотопах до 40–60 лет развиваются по I–Ia бонитетам и выше. Однако на суглинках вследствие активного роста в первые 3–4 десятилетия и большой потребности во влаге высокополнотные древостои сосны обыкновенной в аномальные годы подвержены риску критического снижения влагообеспеченности – при совпадении острозасушливых лет с низким уровнем весеннего стока – следствием может быть внезапное расстройство древостоя и его распад. В этих условиях преимущество в устойчивости и долговечности имеют насаждения более засухоустойчивой сосны крымской [2, 3, 6, 11].

Особые условия водного режима древостоя формируются на дренируемых участках переходной поймы с ГВ ближе 3,0–3,5 м к поверхности. Экотопы можно разделить на 2 группы: сложенные преимущественно песчаным и слоистым многофазным аллювием. В 1-е годы жизни культуры сосны растут на них так же, как и на отложениях аналогичного строения высокой поймы. На песчаных почвогрунтах сосна достигает слоя постоянного увлажнения ГВ только к 10–15 годам и во 2-м десятилетии ее рост либо усиливается, либо остается на относительно высоком уровне (на ПП 10 средний прирост в высоту около 40 см). На многофазных отложениях слой постоянного грунтового увлажнения достигается корнями раньше и примерно до 30 лет насаждения растут наиболее энергично (бонитет – выше Ia) – средний прирост в высоту составляет 60–75 см (ПП 1, 2, 4, 5), а в последующее десятилетие он уменьшается, но остается значительным. В этих условиях сосна обыкновенная способна формировать производительные и долговечные насаждения, а также образовывать смешанные с лиственными породами (робинией, ильмом, вязом приземистым и др.) древостои.

Связь среднего прироста насаждений в высоту (Zh_{cp} , см) с почвенно-грунтовыми условиями – средневзвешенным содержанием физической глины в КС (Гл, %) и глубиной залегания зеркала ГВ в межень (УГВ, м) – за периоды с 11 до 20 лет (после смыкания крон), с 21 до 30 лет и всей жизни насаждения (А) подчиняется функциям: $Zh_{cp(11-20)} = 48,86 + 1,11Гл - 0,78УГВ$ ($R^2 = 52,9\%$); $Zh_{cp(21-30)} = 59,26 - 0,25Гл - 2,86УГВ$ ($R^2 = 44,7\%$); $Zh_{cp(A)} = 53,24 - 2,23УГВ + 0,31Гл$ ($R^2 = 57,8\%$).

Из них следует, что в пойменных условиях положительное влияние влагоемкости и минерального богатства КС на рост сосновых культур уменьшается с их возрастом с 50,5 % в 11–20 лет до мало ощутимой величины (8–9, %) в 21–30 лет. На протяжении всей жизни насаждений оно составляет около 41 % и свидетельствует о повышенном значении данных факторов для соснового древостоя в 1-е годы его жизни. Влияние глубины залегания ГВ, напротив, увеличивается соответственно с 19 до 41 %, а в течение жизни древостоя составляет около 53 %, т. е. в этих условиях по мере взросления насаждений интенсивность их роста все больше зависит от доступности ГВ и после 10–15 лет корреляционная связь прироста и УГВ становится сильной.

Наиболее интегральным показателем качества лесорастительных условий является период большого роста сосны (ПБР). Для всей совокупности изучаемых насаждений он подчиняется следующим функциям: $ПБР = 28,78 - 0,12Гл - 0,68УГВ$ ($R^2 = 16,9\%$); $ПБР = 25,09 + 0,08Гл$ ($r^2 = 47,0\%$); $ПБР = 26,40 -$

– 0,50УГВ ($r^2 = 11,5 \%$). Из них следует, что на экотопах Волго-Ахтубинской поймы продолжительность этого периода в наибольшей мере лимитируется минеральным богатством почвенного раствора. Повышенное содержание физической глины и буферной влаги в КС ускоряет рост молодняков, но с возрастом древостоя этот эффект сходит на нет. Положительное влияние богатства почвы на рост сосны в исследуемых древостоях значительно вследствие небольшого возраста преобладающей части насаждений.

Опускание уровня ГВ глубже 2,5–3,0 м в большинстве случаев ведет к сокращению периода большого роста, т. е. ухудшает лесорастительные условия. Отсюда следует, что различное сочетание основных экологических факторов дает разный лесорастительный эффект. Так, отдельный анализ хода роста свидетельствует об увеличении до 57 % влияния контакта корней с ГВ на рыхлых однофазных песках крупногравистой поймы (ПП 18, 20 и 21) как о факторе, определяющем продолжительность большого роста сосны. Небольшие (1–2 %) различия в содержании физической глины на протяженность периода практически не влияют: ПБР = 44,0 + 1,0Гл – 3,0УГВ ($R^2 = 100 \%$); ПБР = 22,25 + 0,25Гл ($r^2 = 3,6 \%$); ПБР = 40,0 – 2,0УГВ ($r^2 = 57 \%$).

На почвенных разностях, развитых на мощных, преимущественно суглинистых отложениях (ПП 2, 13, 15–17), влияние на рост сосны УГВ снижается до 41 % и становится отрицательным (приближение зеркала к поверхности нередко сокращает период большого роста), а связь УГВ с содержанием физической глины повышается до слабой: ПБР = 19,31 + 0,03Гл + 1,13УГВ ($R^2 = 41 \%$); ПБР = 21,70 + 0,13Гл ($r^2 = 11 \%$); ПБР = 19,62 + 1,19УГВ ($r^2 = 30 \%$).

На супесчаной и суглинистой мало- и среднемощной почве, подстилаемой песком (ПП 1, 5, 6, 8), наоборот, близко расположенные ГВ увеличивают продолжительность большого роста и долговечность древостоев сосны, а утяжеление гранулометрического состава почвы при глубоком залегании подпертой влаги сокращает их: ПБР = 23,69 – 0,39Гл + 1,21УГВ ($R^2 = 50 \%$); ПБР = 28,26 – 0,47Гл ($r^2 = 44 \%$); ПБР = 141,50 – 45,00УГВ ($r^2 = 92 \%$).

На слоистых, преимущественно легких (песчано-супесчаных) отложениях (ПП 9–11) позитивное влияние экологических факторов на рост сосновых насаждений уравнивается и достигает максимальной величины: ПБР = 59,87 + 2,13Гл – 12,67УГВ ($R^2 = 100 \%$); ПБР = 5,81 + 3,74Гл ($r^2 = 89 \%$); ПБР = 110,76 – 23,02УГВ ($r^2 = 88 \%$). Последнее свидетельствует о том, что пригодность таких экотопов для сосняков быстро снижается как с облегчением гранулометрического состава почвогрунта при глубоком залегании ГВ, так и с понижением зеркала ГВ при легком составе отложений. Однако при наиболее частом сочетании этих факторов в условиях переходной поймы лесопригодность экотопов становится максимальной и приводит к снижению значения других факторов, в том числе хозяйственных, при культивировании насаждений.

Наибольший текущий прирост по диаметру (6–12 мм/год) сосна имеет до 8–12 лет во всем диапазоне лесорастительных условий гравистой поймы (рис. 2). Максимальной величины этот показатель достигает в насаждениях на относительно богатых почвах, мощных слоистых почвогрунтах (15–25 % физической глины в КС) и при близком залегании ГВ. На протяжении последующих десятилетий радиальный прирост уменьшается (рис. 3), но наравне со спадами испытывает и подъемы.

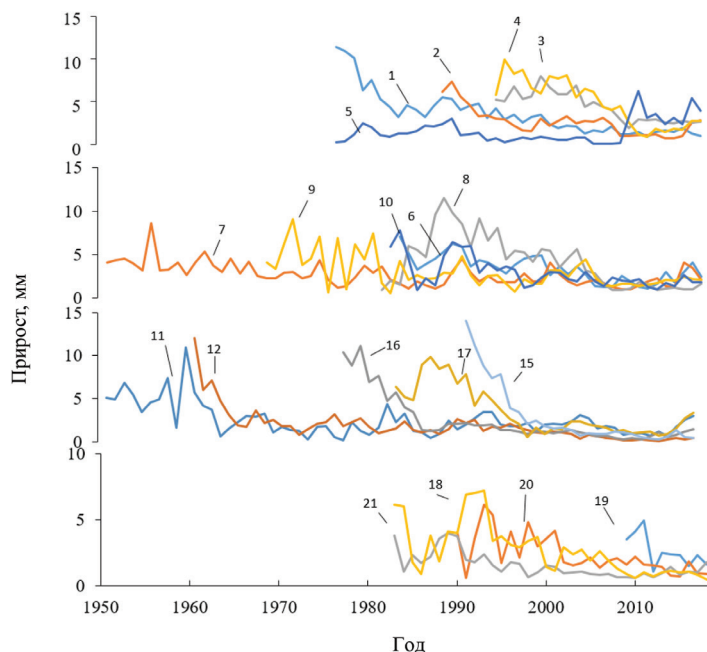


Рис. 2. Текущий прирост по диаметру стволов сосны в древостоях на различных экотопах Волго-Ахтубинской поймы на ПП 1–12, 15–21 (радиальный прирост культур изучался в 2018 г., в ноябре)
 Fig. 2. Current radial growth of pine stands in various ecotopes of the Volga-Akhtuba floodplain at the sample areas 1–12, 15–21 (radial growth of plantations was studied in November, 2018)

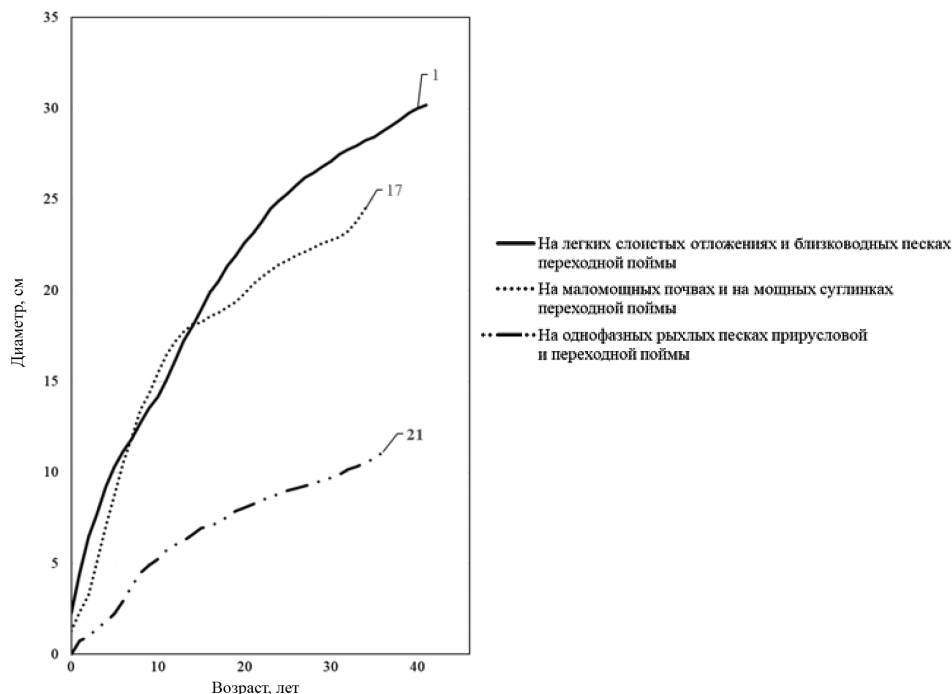


Рис. 3. Ход роста по диаметру сосны в древостоях на различных экотопах Волго-Ахтубинской поймы на ПП 1, 17 и 21 (радиальный прирост культур изучался в 2018 г., в ноябре)
 Fig. 3. Radial growth rate of pine stands in various ecotopes of the Volga-Akhtuba floodplain at the sample areas 1, 17 and 21 (radial growth of plantations was studied in November, 2018)

С увеличением возраста насаждений колебания прироста также уменьшаются и являются результирующей множества факторов, определяющих влагообеспеченность древостоя, что не позволяет легко проследить влияние суммы атмосферных осадков. Тем не менее можно утверждать, что спады прироста, как правило, приходится на засушливые годы. Наибольшее влияние на годовичное кольцо оказывают суммы осадков за весь текущий ГГ, за апрель–октябрь и июль–сентябрь. Максимум (16–36 %) оно достигает в наиболее высокополнотных насаждениях, насаждениях на легких почвах и особенно на мощных рыхлых песках крупногравистой поймы.

Кривая прироста ранней древесины почти в точности повторяет кривую прироста годовичного кольца и достаточно динамична, а поздней – более стабильна (табл. 3). Прирост поздней древесины у сосны на пойменных землях в наибольшей степени, но относительно слабо (на 5–10 %), обусловлен осадками за июль–сентябрь. Исключение составляют быстро растущие молодняки и насаждения на мощных низковлагодомных песках, где величина этого показателя прямо и сильно (на 40–42 %) зависит от суммы осадков за обозначенный период. С повышением доступности ГВ влияние осадков снижается до 1–6 %.

Таблица 3

**Экологические условия и радиальный прирост культур сосны
в Волго-Ахтубинской пойме
Environmental conditions and radial growth of pine plantations
in the Volga-Akhtuba floodplain**

№ ПП	УГВ, м	Средневзвешенное содержание физической глины, %	Средний прирост р / п / г, мм			
			за всю жизнь	11–20 лет	21–30 лет	31–40 лет
1	2,5	6,0	2,8 / 0,8 / 3,6	3,1 / 1,1 / 4,2	1,9 / 0,5 / 2,4	1,1 / 0,4 / 1,5
2	2,3	8,5	1,9 / 0,7 / 2,6	1,7 / 0,9 / 2,6	1,0 / 0,3 / 1,3	–
3	3,5	25,0	3,4 / 1,0 / 4,4	2,4 / 1,0 / 3,4	1,9 / 0,7 / 2,6*	–
4	3,5	18,0	3,5 / 1,4 / 4,9	2,1 / 1,2 / 3,3	1,6 / 0,7 / 2,3*	–
5	2,7	19,0	2,0 / 0,9 / 2,9	2,9 / 1,4 / 4,3	1,5 / 0,6 / 2,1	0,6 / 0,2 / 0,8
6	>5,0	4,0	2,8 / 0,7 / 3,4	3,0 / 0,7 / 3,7	1,4 / 0,5 / 1,9	1,9 / 1,0 / 2,9 **
7	>5,0	13,5	2,1 / 0,6 / 2,7	2,7 / 0,8 / 3,5	1,8 / 0,8 / 2,6	1,4 / 0,3 / 1,9
8	>5,0	3,0	3,4 / 0,8 / 4,2	4,4 / 1,6 / 6,0	2,2 / 0,5 / 2,7	1,0 / 0,2 / 1,2***
9	>5,0	6,0	1,3 / 1,7 / 3,0	0,7 / 2,7 / 3,4	1,9 / 0,6 / 2,5	2,0 / 0,5 / 2,5
10	3,2	5,0	2,4 / 0,5 / 2,9	2,3 / 0,5 / 2,8	0,4 / 0,6 / 2,0	1,3 / 0,4 / 1,7****
11	>5,0	13,5	1,9 / 0,6 / 2,5	2,2 / 0,7 / 2,9	0,8 / 0,5 / 1,3	1,4 / 0,5 / 1,9
12	>5,0	11,0	1,3 / 0,6 / 1,9	1,0 / 1,0 / 2,0	0,8 / 0,6 / 1,4	1,2 / 0,6 / 1,8
15	4,0	25,0	2,4 / 0,5 / 2,9	0,8 / 0,3 / 1,1	0,5 / 0,1 / 0,6	–
16	4,0	23,0	1,9 / 0,5 / 2,5	1,3 / 0,5 / 1,8	0,7 / 0,3 / 1,0	0,4 / 0,3 / 0,7
17	6,0	18,0	2,7 / 0,8 / 3,5	1,8 / 0,7 / 2,5	1,2 / 0,4 / 1,6	1,3 / 0,5 / 1,9**
18	9,0	5,0	1,9 / 0,7 / 2,7	2,1 / 1,2 / 3,3	1,3 / 0,3 / 1,6	0,7 / 0,2 / 0,9 / **
20	8,0	3,0	2,1 / 0,3 / 2,4	1,8 / 0,4 / 2,2	1,0 / 0,3 / 1,3	–
21	8,0	5,0	1,2 / 0,3 / 1,5	1,0 / 0,4 / 1,4	0,6 / 0,2 / 0,8	0,8 / 0,3 / 1,2****
22	8,0	5,0	2,4 / 0,3 / 2,9	0,8 / 0,3 / 1,1	0,5 / 0,1 / 0,6	–

Примечание: Средний прирост – средняя толщина годовичного кольца: р – ранней древесины; п – поздней; г – всего годовичного кольца. *За 4 года. **За 5 лет. ***За 7 лет. ****За 6 лет.

Средний прирост ранней древесины у сосны в условиях Волго-Ахтубинской поймы варьирует от 3,5 до 1,2 мм/год. Он выше (2,8–3,5 мм) в насаждениях на связных слоистых грунтах и при близком залегании ГВ и увеличивается вместе с содержанием физической глины в КС. Самый низкий темп (в среднем 1,7 мм/год) прироста ранней древесины наблюдается у культур на высоких песчаных экотопах гривистой поймы (ПП 9, 14, 18–21).

Средний прирост поздней древесины сосны составляет 0,3–1,7 мм/год. Самые высокие значения (0,8–1,7 мм) он имеет в разреженных насаждениях, произрастающих на супесчаных слоистых почвогрунтах (ПП 9). Средним темпом прироста поздней древесины характеризуются насаждения на суглинистых отложениях, а наименьшим (0,3–0,4 мм) – на мощных рыхлых песках.

Несколько иной закономерности подчиняется доля поздней древесины в структуре радиального прироста. Несмотря на его значительные различия, она увеличивается с 13–16 % у сосны на мощных песках и суглинках до 25–30 % у сосны на территориях с относительно близким залеганием воды к поверхности. Строгой зависимости от гранулометрического состава КС при этом нет.

Средний прирост годового кольца сосны в насаждениях северной части Волго-Ахтубинской поймы как результирующая приростов ранней и поздней древесины подчиняется общей закономерности и варьирует в пределах 4,9 (ПП 4) – 1,5 мм (ПП 21). С увеличением возраста древостоя он снижается и достигает минимума после 30–35 лет.

Заключение

Таким образом, в северной части Волго-Ахтубинской долины (примерно до линии Капустин Яр – Каменный Яр) с усилением слоистости, утяжелением гранулометрического состава корнеобитаемого слоя до супесчаного, понижением высоты при небольшом удалении от дренирующего русла влагообеспеченность и рост культур сосны обыкновенной улучшаются, а пригодность экотопов гривистой поймы для них повышается. С понижением уровня экотопов и ухудшением дренируемости почвогрунтов растет опасность гибели сосняков в периоды высоких и экстремальных половодий и паводков. По этим показателям, а также условиям создания лесных культур, производительности и долговечности насаждений экотопы можно объединить в следующие относительно однородные группы (классы).

Наименее благоприятны для произрастания сомкнутых древостоев сосны высокие экотопы гривистой и переходной поймы с маломощными почвами различного состава на однофазных рыхлых песках при глубоком (более 4–5 м) залегании зеркала грунтовых вод в межень. На переветренных участках условия несколько улучшаются, повышается производительность насаждений, но в целом бонитет спелых древостоев не превысит здесь II,5–III класса, долговечность – 50 лет. Однако культивирование сосны на таких экотопах вследствие простоты агротехнических приемов наименее энергоемко и не имеет альтернативы.

Наиболее благоприятные условия для произрастания монокультур сосны имеют хорошо дренируемые участки переходной поймы с легкими почвами на мощных слоистых, преимущественно супесчаных отложениях, а также на песках с близким к поверхности залеганием грунтовой воды. При относительно низкой затратности лесокультурных и лесоводственных мероприятий бонитет спелых насаждений здесь может достигать I класса, а долговечность – 60–80 лет и более.

Средними по условиям для культур сосны обыкновенной являются слабодренируемые участки переходной поймы с маломощными супесчаными и суглинистыми почвами на мощных суглинках. При высокой энергии роста и производительности в первые 3 десятилетия (бонитет насаждений – Ia и выше) древостои быстро созревают и распадаются вследствие большой потребности во влаге и резкого снижения влагообеспеченности в маловодные и засушливые годы. Без своевременных лесоводственных уходов – прореживания – продолжительность жизни насаждений в таких условиях не превысит 40–45 лет.

Экотопы средней группы целесообразно отводить под выращивание сырьевых плантаций сосны обыкновенной или многоцелевые насаждения сосны крымской, ценных лиственных пород. Особенностью их культивирования является необходимость большого числа агротехнических уходов, прореживания молодняков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Битвинскас Т.Т. Дендроклиматические исследования. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 172 с.
Bitvinskask T.T. *Dendroclimatic Studies*. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1974. 172 p. (In Russ.).
2. Брылев В.А., Овчарова А.Ю. Эколого-экономическая оптимизация обводнения Волго-Ахтубинской поймы // Изв. вузов. Северо-Кавказский регион. Сер.: Естеств. науки. 2013. № 5(177). С. 67–70.
Brylev V.A., Ovcharova A.Yu. Ecological and Economic Optimization of Irrigation of the Volga-Akhtuba Floodplain. *Bulletin of Higher Educational Institutions. North Caucasus Region. Natural Sciences*, 2013, no. 5(177), pp. 67–70. (In Russ.).
3. Гаель А.Г., Зюзь Н.С. Строение культур сосны на песчаных почвах степного Дона // Биол. науки. 1985. № 7. С. 85–92.
Gayel' A.G., Zyuz' N.S. Structure of Pine Plantations on Sandy Soils of the Steppe Don. *Biologicheskkiye nauki*, 1985, no. 7, pp. 85–92. (In Russ.).
4. Глобальный климат и почвенный покров России: оценка рисков и эколого-экономических последствий деградации земель. Адаптивные системы и технологии рационального природопользования (сельское и лесное хозяйство): нац. докл. / под ред. А.И. Бедрицкого. М.: ГЕОС, 2018. 357 с.
Global Climate and Soil Cover of Russia: Assessment of Risks and Eco-Economic Consequences of Land Degradation. Adaptive Systems and Technologies of Rational Nature Management (Agriculture and Forestry): National Report. Ed. by A.I. Bedritskiy. Moscow, GEOS Publ., 2018. 357 p. (In Russ.).
5. Голуб В.Б., Чувашов А.В., Бондарева В.В., Герасимова К.А., Николайчук Л.Ф. Изменения состава флоры Волго-Ахтубинской поймы после зарегулирования водного стока р. Волги // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26, № 1(82). С. 54–61
Golub V.B., Chuvashov A.V., Bondareva V.V., Gerasimova K.A., Nikolaichuk L.F. Changes in the Flora Composition of the Volga-Akhtuba Floodplain after Regulation of the Flow of Volga River. *Arid Ecosystems*, 2020, vol. 26, no. 1(82), pp. 54–61. (In Russ.). <https://doi.org/10.24411/1993-3916-2020-10083>
6. Горелиц О.В., Землянов И.В. Современный механизм заливания территории Волго-Ахтубинской поймы в период половодий (в пределах Волгоградской области) // Научный потенциал регионов на службу модернизации. 2013. № 2(5). С. 9–18.
Gorelits O.V., Zemlyanov I.V. Modern Mechanism of Flooding the Volga-Akhtuba Floodplain during Seasonal Floods (Within the Volgograd Region). *Nauchnyy potentsial regionov na sluzhbu modernizatsii*, 2013, no. 2(5), pp. 9–18. (In Russ.).

7. Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. Климатические изменения в бассейне Нижней Волги и их влияние на состояние экосистем // Аридные экосистемы. 2014. № 3(60). С. 14–32.

Kuz'mina Zh.V., Treshkin S.Ye. Climate Change in the Lower Volga Basin and Its Influence on the Ecosystems. *Arid Ecosystems*, 2014, no. 3(60), pp. 14–32 (In Russ.).

8. Лобойко В.Ф., Овчарова А.Ю., Никитина Н.С. Особенности водного режима Нижней Волги и его влияние на состояние северо-западной части Волго-Ахтубинской поймы // Изв. Нижневолж. агроунив. комплекса. 2018. № 4(52). С. 159–173.

Loboyko V.F., Ovcharova A.Yu., Nikitina N.S. Features of the Water Regime of the Lower Volga and Its Impact on the Condition of the North-Western Part of the Volga-Akhtuba Floodplain. *Proceedings of Nizhnevolzskiy Agrouniversity Complex*, 2018, no. 4(52), pp. 159–173. (In Russ.). <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2018-04-12>

9. Манаенков А.С. Особенности водного режима корнеобитаемого слоя и засухоустойчивость культур сосны // Лесоведение. 2009. № 2. С. 52–61.

Manaenkov A.S. Specific Features of the Water Regime in Root-Dwelling Layer and Drought-Resistance of Pine Plantations. *Lesovedenie = Russian Journal of Forest Science*, 2009, no. 2, pp. 52–61. (In Russ.).

10. Манаенков А.С. Лесомелиорация арен засушливой зоны. 2-е изд., перераб. и доп. Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2018. 428 с.

Manaenkov A.S. *Forest Reclamation of Arid Zone Arenas*. Volgograd, Federal Scientific Center of Agroecology RAS Publ., 2018. 428 p. (In Russ.).

11. Манаенков А.С., Сурхаев Г.А., Сурхаев И.Г. Особенности облесения песчаных земель Терско-Кумского междуречья культурами сосны // Лесн. хоз-во. 2010. № 5. С. 36–38.

Manaenkov A.S., Stepanova Z.A., Surkhayev I.G. Features of Afforestation of Sandy Lands of the Terek-Kum Interfluvium with Pine Plantations. *Lesnoye khozyastvo*, 2010, no. 5, pp. 36–38. (In Russ.).

12. Методические рекомендации по проектированию рубок ухода в искусственных молодняках сосны степной зоны ЕТР / разраб. и подгот. А.С. Манаенков. М.: Россельхозакадемия, 2004. 34 с.

Manaenkov A.S. *Methodology Recommendations for the Thinning Design in Artificial Young Pine Stands of the Steppe Zone of the European Part of Russia*. Moscow, Rossel'khozakademiya Publ., 2004. 34 p. (In Russ.).

13. Миронов В.В. Экология хвойных пород при искусственном лесоразведении. М.: Лесн. пром-сть, 1977. 232 с.

Mironov V.V. *Conifers Ecology in Artificial Afforestation*. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1977. 232 p. (In Russ.).

14. Орлов А.Я., Кошельков С.П. Почвенная экология сосны. М.: Наука, 1971. 323 с. Orlov A.Ya., Koshel'kov S.P. *Soil Ecology of Pine*. Moscow, Nauka Publ., 1971. 323 p. (In Russ.).

15. Прозоров Н.А. Влияние климатических факторов на радиальный прирост сосны обыкновенной как один из показателей изменчивости экологических условий ее произрастания на песках степной зоны // Лесомелиорация и ландшафт: сб. науч. тр. Волгоград: ВНИАЛМИ, 1993. Вып. 1(105). С. 145–157.

Prozorov N.A. Influence of Climatic Factors on the Scots Pine Radial Growth as an Indicator of Environmental Conditions Variability of Pine Growth on the Steppe Zone Sands. *Forest Reclamation and Landscape: Collection of Academic Papers*. Volgograd, VNIALMI Publ., 1993, iss. 1(105), pp. 145–157. (In Russ.).

16. Шенпель П.А. Паводок и пойма. Волгоград: Ниж.-Волж. кн. изд-во, 1986. 241 с. Sheppel' P.A. *River Flood and Floodplain*. Volgograd, Nizhne-Volzhskoye knizhnoye izdatel'stvo, 1986. 241 p. (In Russ.).

17. De Resende A.F., Schöngart J., Streher A.S., Ferreira-Ferreira J., Fernandez Piedade M.T., Freire Silva T.S. Massive Tree Mortality from Flood Pulse Disturbances in Amazonian Floodplain Forests: The Collateral Effects of Hydropower Production. *Science of The Total Environment*, 2019, vol. 659, pp. 587–598. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.208>

18. Fan H., He D., Wang H. Environmental Consequences of Damming the Mainstream Lancang-Mekong River: A Review. *Earth-Science Reviews*, 2015, vol. 146, pp. 77–91. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2015.03.007>

19. Kuzmina Zh.V., Treshkin S.E., Karimova T.Yu. Effects of River Flow Regulation and Climate Fluctuations on Dynamic Changes in the Terrestrial Ecosystems of the Lower Volga Delta and Floodplain. *Arid Ecosystems*, 2015, vol. 5, pp. 230–242. <https://doi.org/10.1134/S2079096115040071>

20. Zhao P., Cornelis W., Tang X., Zhao P., Tang J. Does Damming Streams Alter the Water Use Strategies of Riparian Trees? A Case Study in a Subtropic Climate. *Land Degradation & Development*, 2020, vol. 31, iss. 8, pp. 927–938. <https://doi.org/10.1002/ldr.3500>

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest

Вклад авторов: Все авторы в равной доле участвовали в написании статьи

Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article