

Земледелие и мелиорация

УДК 630.116

DOI: 10.31857/S2500262721030017

**ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ
МАЛОГО ВОДОСБОРНОГО БАССЕЙНА****Н.Н. Дубенок**, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН,
А.В. Лебедев, кандидат сельскохозяйственных наук, **А.В. Гемонов***Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева,
127550, Москва, ул. Тимирязевская, 49
E-mail: ndubenok@mail.ru*

Исследования проводили с целью оценки гидрологической роли лесных насаждений малого водосборного бассейна на примере Лесной опытной дачи Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева. Ключевые факторы, влияющие на проникновение осадков под полог в лесных насаждениях, – сомкнутость полога, объем и фитонасыщенность крон. Кроны еловых насаждений, по сравнению с березовыми и сосновыми, задерживают наибольшее количество осадков (до 55 %), что связано с особенностями строения ассимиляционного аппарата. Распределение годового стока по сезонам года не равномерно. Наибольшая его доля приходится на весну (81,9 %), размеры зимнего стока очень тесно связаны с состоянием почвы. Глубина залегания грунтовых вод так же не постоянна в течение года. Самый высокий уровень наблюдается в марте, далее в течение апреля и мая он постепенно опускается. Летом уровень грунтовых вод практически не меняется. На протяжении осени происходит медленный подъем, а в зимний период они находятся максимально близко к поверхности земли. Лесная растительность оказывает существенное влияние на подземные воды и распределение атмосферных осадков, через которое проявляется водоохранная роль лесов. В облесенных бассейнах рек проявляется снижение недостатка влаги после засушливых лет. Кроны лесных насаждений способствуют перераспределению в пространстве выпадающих осадков, в молодом возрасте леса увеличивают сток воды, а к возрасту спелости уменьшают.

HYDROLOGICAL ROLE OF FOREST OF THE SMALL DRAINAGE AREA**Dubenok N.N., Lebedev A.V., Gemonov A.V.***Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy
127550, Moskva, ul. Timiryazevskaya, 49
E-mail: ndubenok@mail.ru*

Based on the materials of long-term stationary observations, an assessment of the hydrological role of forest plantations in a small drainage basin is carried out on the example of the Forest Experimental Station of the Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy. The key factors affecting the penetration of sediments under the canopy in forest plantations are canopy closure, volume and phytonaturation of crowns. The crowns of spruce stands, in comparison with birch and pine, retain the greatest amount of precipitation (up to 55%), which is associated with the peculiarities of the structure of the assimilation apparatus. The distribution of the annual runoff over the seasons is not uniform. Its largest share is in spring (81.9%); the size of winter runoff is very closely related to the state of the soil. The depth of the groundwater table is also not constant throughout the year. The highest level is observed in March, then during April and May it gradually decreases. During the summer period, the groundwater level practically does not change. During the fall, there is a slow rise, and in the winter, they are as close to the ground as possible. Forest vegetation has a significant impact on groundwater and the distribution of precipitation. In the forests, they acquire a peculiar distribution, through which the water-protective role of forests is manifested. In forested river basins, there is a decrease in the lack of moisture after dry years. Crowns of forest stands contribute to the redistribution of precipitation in space; at a young age, forests increase the flow of water, and decrease by the age of ripeness.

Ключевые слова: гидрологическая роль, малый водосбор, лесные насаждения, Лесная опытная дача**Key words:** hydrological role, small drainage area, forest stands, Forest Experimental Station

Леса относятся к числу наиболее важных экосистем, которые выполняют гидрологические функции. Большая часть пресной воды на Земле поступает из лесных водосборов [1]. Леса способствуют формированию постоянного притока воды и выполняют такие защитные функции, как, например, борьба с наводнениями, защита почвы от эрозии и др. [2, 3]. Проблема изучения влияния лесных насаждений на гидрологические процессы остается дискуссионной на протяжении многих десятилетий [4]. Ее актуальность обусловлена тем, что в результате проведения лесохозяйственных мероприятий, вырубке лесов, климатических изменений происходят значительные преобразования гидрологических процессов, которые часто имеют отрицательный характер.

Проведение мероприятий по уходу за лесом и за-

готовке древесины приводит к повышению интенсивности эрозийных процессов, а мероприятия по лесовосстановлению не всегда способствуют оптимизации гидрологического режима [3, 5, 6]. Результаты исследований в бассейнах рек Ветлужско-Унженской равнины [7] показали, что после рубок происходит увеличение годового модуля стока воды с 6,71 л/с с 1 км² до 9,88 л/с с 1 км², а годовых наносов – с 5,28 т с 1 км² до 8,95 т с 1 км². Проведение мероприятий по лесовосстановлению обеспечило практически возврат годовой модуля стока до первоначального значения (величина этого показателя составила 6,92 л/с с 1 км²), а количество годовых наносов снизилось до 6,93 т с 1 км².

Гидрологическая роль лесных насаждений проявляется через такие составляющие, как влияние на

снежный покров и его дополнительное накопление, регулирование стока, изменение условий микроклимата, режима и химизма грунтовых вод. Как и другие растения, деревья в лесу в процессе жизнедеятельности используют почвенную влагу, которая задействована во многих физиологических процессах. Корневые системы деревьев поглощают большое количество почвенной влаги, затем в процессе дыхания, транспирации и др. она преобразуется и возвращается в атмосферу. По такому принципу в лесах формируется гидрологический цикл: почва-растение-атмосфера [8], благодаря которому создается особый микроклимат.

Особая роль лесов в поддержании водного баланса отмечена в Водном и Лесном кодексах Российской Федерации. Лесной кодекс выделяет в качестве ценных запретные полосы лесов, расположенные вдоль водных объектов (примыкающие непосредственно к руслу реки или берегу другого водного объекта, а при безлесной пойме – к пойме реки, выполняющие водорегулирующие функции), и нерестоохранные полосы лесов (расположенные в границах рыбоохранных зон или рыбохозяйственных заповедных зон, установленных в соответствии с законодательством о рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов).

В водоохраных зонах водоемов, размеры которых определены в Водном кодексе Российской Федерации, запрещено проводить сплошные рубки лесных насаждений. При этом ширина водоохранной зоны рек или ручьев протяженностью до 10 км установлена в размере 50 м от их истока, рек или ручьев протяженностью от 10 до 50 км – 100 м, рек или ручьев протяженностью от 50 км и более – 200 м. Ширина водоохранной зоны озера, водохранилища (кроме озера, расположенного внутри болота, или озера, водохранилища с акваторией менее 0,5 кв. км) установлена в размере 50 м. Ширина водоохранной зоны водохранилища, расположенного на водотоке, устанавливается равной ширине водоохранной зоны этого водотока. Ширина водоохранной зоны моря составляет 500 м. Таким образом, в целом действующее законодательство не обеспечивает поддержания гидрологических функций лесных водоемов [9].

Цель исследований – оценить гидрологическую роль лесных насаждений на примере малого водосборного бассейна Лесной опытной дачи Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева для выявления их водоохраных функций.

Методика. В исследовании использовали материалы гидрометеорологических наблюдений, которые проводили на базе Лесной опытной дачи Российского

государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева, расположенной в северо-западной части г. Москвы. Согласно лесорастительному районированию, эта территория относится к зоне смешанных хвойно-широколиственных лесов. Ее площадь составляет 248,7 га, в том числе покрытая лесом – 233,4 га (94 %). В лесном фонде преобладают сосновые (75,7 га), дубовые (63,2 га), березовые (50,7 га) и лиственничные (34,8 га) насаждения [10]. В почвенном покрове доминируют дерново-подзолистые почвы различного гранулометрического состава [11]. На территории Лесной опытной дачи имеется большое количество заболоченных понижений, при этом почти все они, за исключением Оленьего озера (площадь 0,05 га), летом пересыхают. В северной части Лесной опытной дачи протекает река Жабенка.

В разные годы наблюдения за осадками в лесу проводили на 5 дождемерных пунктах (табл. 1). Снегомерные работы были организованы в культурах ели (20...62 лет), чистых и смешанных сосновых насаждениях (10...95 лет) естественного и искусственного происхождения с подростом и без подроста, чистых и смешанных березовых насаждениях (25...80 лет) естественного и искусственного происхождения, дубовых насаждениях (25...150 лет) естественного и искусственного происхождения.

Учет осадков в дождемерах осуществляли после каждого их выпадения непосредственно на наблюдательных пунктах, снеговой воды – 1-го и 15-го числа каждого месяца. По первичным величинам рассчитывали количество осадков в миллиметрах слоя воды по месяцам, сезонам и годам. Обработку данных по всем гидрологическим наблюдениям проводили по гидрологическим годам – с 1 ноября по 31 октября следующего календарного года. Для сопоставимости результатов, полученных в разные годы исследований, было принято следующее деление на сезоны: зима – с ноября по февраль, весна – с марта по май, лето – с июня по август, осень – с сентября по октябрь.

Сток воды реки Жабенка изучали на специально оборудованных наблюдательных ключах и водосливах. Уровень грунтовых вод определяли по данным учета на девяти буровых скважинах, заложенных в чистых и смешанных сосновых насаждениях, лесных культурах ели и дубовых насаждениях.

Результаты и обсуждение. Один из главных источников почвенной влаги – атмосферные осадки. В лесу до уровня почвы доходит меньшее количество влаги, чем выпадает в виде осадков, так как значительную их часть задерживают кроны деревьев. Основные факторы,

Табл. 1. Характеристика лесных насаждений в местах установки дождемерных пунктов за время проведения наблюдений

Объект наблюдений	Число дождемеров, шт.	Таксационный показатель				
		возраст, лет	средняя высота, м	средний диаметр, м	густота, шт.×га ⁻¹	запас, м ³ ×га ⁻¹
Лесной питомник	1	-	-	-	-	-
Березовое, естественного происхождения с подростом липы, дуба, ели	5	78...84	22...24	26,0...27,5	501...414	270...300
Сосновое, естественного происхождения с примесью березы и дуба	5	68...112	26...31	37,0...32,5	546...340	260...355
Сосновое, лесные культуры	5	36...66	14...21	14,2...22,0	2331...800	220...280
Еловое, лесные культуры	5	40...64	13...20	12,8...19,7	2264...1126	340...400

влияющие на проникновение осадков под полог леса, – сомкнутость, объем и фитонасыщенность крон деревьев. Наибольшей способностью задержания атмосферной влаги характеризуются кроны елового средневозрастного насаждения, в котором в среднем до уровня почвы доходит только 59 % выпавших осадков, по сравнению с лесным питомником (табл. 2). В наименьшей степени препятствует проникновению влаги под полог березовое насаждение, где в среднем до уровня почвы доходит 82 % выпавших атмосферных осадков.

Табл. 2. Годовое количество атмосферных осадков, достигших почвы

Объект наблюдений	<i>mean</i> *	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>std</i>	<i>CV</i>	<i>n</i>
Лесной питомник	623,9	411	811	102,0	16,3	34
Березовое насаждение (78...84 лет)	510,9	346	627	71,5	14,0	14
Сосновое насаждение (68...112 лет)	478,5	324	718	88,5	18,5	34
Лесные культуры сосны (36...66 лет)	454,8	284	661	93,6	20,6	31
Лесные культуры ели (40...64 лет)	369,6	219	578	88,9	24,0	29

**mean* – средняя арифметическая, мм; *min* – минимальное значение, мм; *max* – максимальное значение, мм; *std* – среднеквадратическое отклонение, мм; *CV* – коэффициент вариации, %; *n* – количество наблюдений, шт.

В целом в зависимости от интенсивности осадков кроны еловых насаждений поглощали от 18 до 55 % атмосферной влаги, сосновых – от 9 до 34 %, березовых – от 9 до 30 %. Дожди слабой интенсивности поглощались практически полностью. Дожди, с количеством выпавших осадков менее 6 мм, задерживались кронами еловых насаждений более чем на 60 %, сосновых и березовых – более чем на 30...40 %.

В распределении количества атмосферных осадков, достигших почвы, в зависимости от лесных насаждений по сезонам года существенных различий не наблюдали (табл. 3). Наибольшая их часть приходилась на лето (от 36,8 до 40,4 %) и зиму (от 20,9 до 27,5 %). Весной и осенью через кроны лесных деревьев поступало от 16,4 до 20,5 % осадков от общего количества за год.

Лесная растительность оказывает влияние на испарение влаги с поверхности почвы и водоемов. Результаты многолетних наблюдений за уровнем воды в Оленьем озере (расположено в центральной части лесного массива) свидетельствуют о незначительном испарении с его поверхности. На это указывает устойчивость уровня воды, которая проявляется в постоянстве суточных колебаний по сезонам года за исключением весны. Испарение с поверхности почвы также понижено, по сравнению с открытыми пространствами, из-за уменьшенной циркуляции воздуха в лесу и пониженной температуры воздуха и почвы [12].

В исследовании С. Kusmana и А. Sunkar [13], как и в нашем случае, было показано, что полог лесных насаждений задерживает осадки, которые в дальнейшем испаряются в воздух. Благодаря лесу происходит увеличение запасов воды в почве, но при этом может наблюдаться обратный эффект в сторону уменьшения из-за эвапотранспирации, например, в период засухи. Как правило, развитие лесов увеличивает сток воды, пока они находятся в молодом возрасте, и уменьшает к возрасту спелости. Скорость испарения и запасы влаги в почве увеличиваются при успешном лесовосстанов-

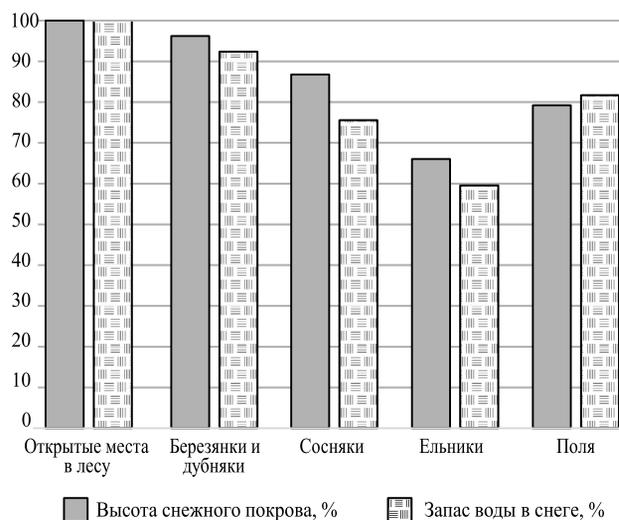
Табл. 3. Распределение атмосферных осадков, достигших почвы, по сезонам года

Объект наблюдений	Осадки, достигшие почвы, %				
	зима	весна	лето	осень	год
Лесной питомник	25,1	18,5	37,5	19,0	100,0
Березовое насаждение (78...84 лет)	27,5	16,4	39,7	16,4	100,0
Сосновое насаждение (68...112 лет)	26,8	18,3	36,8	18,1	100,0
Лесные культуры сосны (36...66 лет)	26,5	18,1	37,4	18,1	100,0
Лесные культуры ели (40...64 лет)	25,5	17,0	37,0	20,5	100,0

лении, в качестве критерия которого принимается разница между максимальным и минимальным расходами воды с водосбора [14].

В среднем на долю снега из годового количества осадков, достигших почвы, приходится 24,2 %. В отдельные зимы величина этого показателя может возрастать до 35...45 %. Наибольшая высота снежного покрова и запасы воды в снеге формируются на открытых местах, окруженных стеной леса (поляны, вырубки и др.). На открытых полях из-за ветрового воздействия и интенсивного таяния снега во время оттепелей высота снежного покрова и запасы воды в снеге ниже: соответственно 79 и 82 %, относительно открытых мест в лесу (см. рисунок). Наименьшим количеством снега, по сравнению с открытыми местами в лесу, характеризуются еловые насаждения (66 %), наибольшим – березовые и дубовые (96 %). Плотность снежного покрова в конце зимы варьирует в разные годы от 25 до 60 %. Кроме того, она сильно зависит от породного состава лесных насаждений.

Река Жабенка характеризуется следующими средними величинами гидрологических показателей, установленными по рядам данных многолетних наблюдений: расход воды – 2,44±0,16 л/с, модуль сто-



Высота снежного покрова и запасы воды в снеге относительно открытых мест в лесу.

ка – $2,18 \pm 0,14$ л/(с×км²), годовой сток – 77120 ± 5079 м³, слой стока – $67,9 \pm 4,7$ мм, коэффициент стока – $13,7 \pm 1,1$. Результаты исследований свидетельствуют, что годам, которые характеризуются повышенным расходом воды, предшествуют наиболее засушливые.

Распределение годового стока реки Жабенка по сезонам года не равномерно. Наибольшая его доля приходится на весну (81,9 %). Величина зимнего стока очень тесно связана с состоянием почвы. Многолетние наблюдения показывают, что если снежный покров устанавливается на незамерзшей почве, то зимний сток продолжается без остановки в течение всей зимы. А если верхние почвенные горизонты промерзают и снежный покров отсутствует, то зимний сток может совсем прекратиться [12, 15].

Размер весеннего половодья связан, главным образом, с накоплением снега, запасами воды в снеге и метеорологическими условиями. Начало весеннего половодья характеризуется сильным подъемом суточного расхода воды, который может в десятки раз превышать величину этого показателя в предшествующие дни. Конец весеннего половодья наступает постепенно, переходя в межень.

Грунтовые воды считают одним из важных компонентов, который оказывает влияние на размер внутрипочвенного стока. Для территории Лесной опытной дачи с изменением абсолютных отметок рельефа происходит изменение глубины залегания грунтовых вод: при высоте 166 м над уровнем моря она составляет 5 м, при высоте 172 м над уровнем моря – 10 м. Результаты многолетних исследований свидетельствуют, что самый высокий уровень грунтовых вод наблюдается в марте, далее в течение апреля и мая он постепенно опускается, так как в это время увеличивается потребление воды деревьями. В течение летнего периода уровень грунтовых вод практически не меняется, а на протяжении осени происходит его медленный подъем из-за ослабления транспирации воды лесом. В зимний период грунтовые воды поднимаются к поверхности земли максимально близко. Уровень грунтовых вод снижается после засушливых годов, но под лесом это происходит на следующий после засухи год. После засушливого года атмосферные осадки могут пополнить убыль внутрипочвенного стока, и в облесенном бассейне поля и реки не испытают острого недостатка влаги.

Таким образом, результаты анализ многолетних наблюдений свидетельствуют, что лесная растительность оказывает существенное влияние на подземные воды и распределение атмосферных осадков, через которое проявляется водоохранная роль лесов. В облесенных бассейнах рек наблюдается снижение недостатка влаги после засушливых лет. Кроны лесных насаждений способствуют перераспределению в пространстве выпадающих осадков, в молодом возрасте леса увеличивают сток воды, а к возрасту спелости уменьшают.

Литература.

1. Keleş S. An assessment of hydrological functions of forest ecosystems to support sustainable forest management

- // *Journal of Sustainable Forestry*. 2019. № 38 (4). P. 305–326. doi: 10.1080/10549811.2018.1547879
2. Carvalho-Santos C., Honrado J.P., Hein L. Hydrological services and the role of forests: Conceptualization and indicator-based analysis with an illustration at a regional scale // *Ecological Complexity*. 2014. № 20. P. 69–80. doi: 10.1016/j.ecocom.2014.09.001.
 3. Hewlett J.D. Comments on the catchment experiment to determine vegetal effects on water yield // *Water Resour. Bull.* 1971. № 7. P. 376–681.
 4. Бурматова О.П. Законодательные проблемы охраны окружающей среды в России (на примере лесных и водных ресурсов) // *Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий)*. 2019. Т. 24. № 3. С. 119–129. doi 10.33764/2411-1759-2019-24-3-119-129.
 5. Hibbert A.R. Water yield improvement potential by vegetation management on Western rangelands // *Water Resour. Bull.* 1983. № 19. P. 375–381.
 6. Stednick J. D. Monitoring the effects of timber harvest on annual water yield // *J. Hydrol.* 1996. № 176. P. 79–95.
 7. Мухамедишин К.Д., Родин С.А., Неволин Ю.И. Влияние сплошных концентрированных рубок на водоохранно-защитные функции лесов Ветлужско-Унженской равнины // *Вестник МГУЛ – Лесной вестник*. 2003. №3. С. 85–93.
 8. Yannian Yu. Hydrological effects of forests. *The Hydrological Basis for Water Resources Management (Proceedings of the Beijing Symposium, October 1990)*. IAHS Publ. 1990. № 197. P. 413–423.
 9. Бурматова О.П. Законодательные проблемы охраны окружающей среды в России (на примере лесных и водных ресурсов) // *Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий)*. 2019. Т. 24. № 3. С. 119–129. doi 10.33764/2411-1759-2019-24-3-119-129.
 10. Дубенок Н.Н., Кузьмичев В.В., Лебедев А.В. Результаты экспериментальных работ за 150 лет в Лесной опытной даче Тимирязевской сельскохозяйственной академии. М.: Наука, 2020. 382 с.
 11. Наумов В.Д., Поляков А.Н. 150 лет Лесной опытной даче РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева: Монография / под общ. ред. В.Д. Наумова. М.: Издательство РГАУ-МСХА, 2015. 345 с.
 12. Эйтинген, Г.Р. Лесная опытная дача 1865-1945. М.: Государственное лесотехническое издательство, 1946. 176 с.
 13. Kusman C., Sunkar A. Role of Vegetation in Forest Hydrology // *Proceedings of the 4 Kyoto University-Southeast Asian Forum*. P. 153–159.
 14. Soemarwoto O. *Indonesia dalam Kancah ISu Lingkungan Global*. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta. 1991.
 15. Дубенок Н.Н., Лебедев А.В., Гемонов А.В. Гидрологическая характеристика территории Лесной опытной дачи РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2018. № 2. С. 5–17. doi: 10.26897/0021-342X-2018-2-5-17.

Поступила в редакцию 13.04.2021
После доработки 30.04.2021
Принята к публикации 12.05.2021