

УДК 556.164.048

А.С. Худоназаров<sup>1</sup>**ВЛИЯНИЕ ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЯ НА ВОДНУЮ СРЕДУ**

**Ключевые слова:** лес, водная среда, сток реки, водосборный бассейн, лесистость, лесоразведение, качество воды, уменьшение стока, увеличение стока, водоохранная роль лесов

*Рассмотрено влияние леса на водную экосистему. Изучено влияние лесоразведения и вырубки лесов на речной сток небольших водосборных бассейнов, влияние леса на годовой сток рек и на качество пресной воды. Даны выводы по каждому изученному разделу.*

Леса, являющиеся источником древесины и других видов сырья, обладают такими свойствами, которые влияют на все аспекты гидрологического цикла на Земле (от осадков до речного стока), создают благоприятные условия для жизни других растительных сообществ и животных, поддерживают, устойчивость биосферы, играют важную гидроклиматическую роль.

Лесные плантации вдоль склонов гор, оврагов и песков останавливают водную и ветровую эрозию почвы, сохраняют природные ландшафты и ценные сельскохозяйственные угодья. Лесные защитные полосы защищают поля и сады от сухих ветров и тем самым способствуют достижению устойчивого урожая сельскохозяйственных культур [8].

Роль лесов и облесение в горных районах особенно важны. Леса регулируют сток, обеспечивают постепенный и равномерный поток воды в реке, способствуют сохранению скорости потока минеральных источников и, как уже упоминалось ранее, предотвращают эрозионные процессы. Эти факторы имеют большое значение для нормальной работы гидроэнергетических объектов и ирригационных систем, предотвращения заиливания водохранилищ и каналов, для водоснабжения населения и промышленных предприятий, предоставления курортов минеральных вод [8]. Однако, существует самый спорный вопрос, оказывают ли влияние леса на количество осадков и испарение, на общие запасы воды в близлежащем населенном пункте и, прежде всего, на речной запас – важнейшей, посто-

---

<sup>1</sup> Казахстанско-Немецкий университет, г. Алматы

янно обновляющейся части водных ресурсов. В настоящее время в науке существуют две основные противоположные концепции в отношении гидрологической роли лесов. Одна из них рассматривает леса как сильные испарители влаги, вызывающие высыхание почв, снижение уровня грунтовых вод и, следовательно, сокращение пресной воды в лесной зоне. Согласно другой концепции, леса создают благоприятные условия для выпадения гораздо большего количества осадков и уменьшения испарения. Следовательно, леса могут оказывать положительное влияние на накопление ресурсов подземных вод и увеличение водности рек. Леса, согласно этой концепции, обладают водоохранными свойствами.

Таким образом, целью данной статьи является определение влияния лесов на водную экосистему, в частности, влияние на годовой речной сток небольших водосборов и на качество пресной воды. Для этого выполнен обширный обзор существующей научной литературы с разных континентов земли.

По мнению В. Рахманова, одной из причин долгосрочных противоречий в оценке воздействия лесов на различные аспекты гидрологического цикла, является сложность воздействия различных лесных насаждений на гидрометеорологические процессы. Основные противоречия в оценках этих воздействий также возникают из-за различий в методологиях исследований. Для определения воздействия лесов и лесонасаждений на водные экосистемы необходимы комплексные исследования лесоводов, метеорологов, гидрологов и ряда других специалистов, которые обычно используются в научных исследованиях [6].

Есть предположение, что причиной существующих противоречий в оценке влияния лесов на водную среду может быть недооценка масштабов гидрологических функций лесов, которые являются трансграничными и проявляются далеко за пределами зоны роста лесов. Однако на местном уровне лесные гидрологи не имеют единства в оценке воздействия лесов на речной сток и на общее испарение [3]. Этой теории придерживался и В. Рахманов. Он отмечал, что многие свойства лесов, например, их влияние на осадки или на перенос влаги в атмосфере, можно изучать только на больших площадях, занятых различными лесами. Другие важные свойства лесов, в том числе их влияние на объем речного стока, можно исследовать только в бассейнах рек, поскольку сток отдельных плантаций обычно не измеряется [2].

Воронков Н. сформулировал три основные концепции гидрологической роли лесов [1]. Первой концепцией является высушивающая роль лесов,

которой в настоящее время придерживаются большинство лесных гидрологов. Она основана на предположении, что общее испарение в близких высокопродуктивных лесах всегда выше, а поток ниже, чем на открытых участках, включая сельскохозяйственные угодья. Этот эффект объясняется тем, что корневые системы больших деревьев работают как «мощные глубокие насосы», испаряя влагу из нижних горизонтов почвы. Последователи этой концепции ссылаются на данные об увеличении общего стока после обезлесивания в ряде регионов, как в Северной Евразии, так и в Северной Америке.

Вторая концепция основана на увлажняющей роли лесов. Сторонники этой концепции, ссылаясь на результаты наблюдений на водоразделах, основанные на корреляции между лесным покровом водосборных бассейнов и осадками с положительным знаком, утверждают, что леса способствуют выпадению осадков.

Существует множество свидетельств того, что леса изменяют структуру водного баланса по-разному, в зависимости от типа растительности и климатических условий. Однако причины этих различий остаются слабой стороной в гидрологической науке и обычно не учитываются в глобальных гидрологических моделях. Ученые и специалисты больше интересуются тем, почему в некоторых условиях леса увеличивают общее испарение и сокращают ежегодный сток рек, в то время как в других, они способствуют увеличению стока и сокращению испарения [1]. Эти противоречия послужили основой для формирования третьего понятия Воронкова Н.А., которое представляет собой «неопределенную или неустойчивую гидрологическую роль лесов», за которой последовали многие лесные гидрологи.

***Влияние лесов на речной сток небольших водосборных бассейнов.*** При изучении общих вопросов гидрологической роли лесов особое внимание уделяется исследованию их влияния на речной сток. Современные исследования влияния лесов на сток начались в 1900 году. В 1908 г. наблюдения по стоку начались в двух водоразделах с хвойным лесом на экспериментальной станции Мегуро, недалеко от Токио, Япония. После 6 лет наблюдений в одном из водосборов был вырублен лес. Это привело к увеличению стока на 109 мм, и испарение соответственно уменьшилось [2]. Подобный эксперимент начался два года спустя в Соединенных Штатах в Колорадских скалистых горах. Наблюдения проводились в двух водоразделах, каждые по 90 га. В течение 9 лет сток с этих водосборов приблизительно составлял 155 мм. Осенью 1919 г. лес в одном из водоразделов был вырублен. Сток в ближайшие 7 лет увеличился на 24 мм [6].

В 1930-х годах и, после некоторого перерыва, в 1950-х годах были созданы новые различные экспериментальные бассейны. В основном они были созданы в США. Один из самых известных экспериментов был проведен в бассейне реки Ковита в южной части Аппалачей в штате Северная Каролина. В 1936 г. наблюдения начались в ряде различных водосборных бассейнов, включая лесные водосборы. Из лесных откосов более 90 % ежегодного стока приходится на подземный сток. С сентября 1939 г. по январь 1940 г. вся растительность (дуб, гикор, каштан и другие виды) в одном из водосборов, площадью около 16,1 га была вырублена и оставлена на месте. Соседние лесные водосборы, площадью 12,6 га были оставлены для мониторинга. После сокращения лесной площади исследуемого водосбора, сток увеличился на 367 мм, или на 25...30 %, по сравнению с контролируемым водосбором, достигнув самых высоких уровней в зимнее время после прекращения транспирации. С перерастанием деревьев сток из экспериментальной зоны водосбора постепенно уменьшался. К 1953 году разница по сравнению с контролируемой областью снизилась до 127 мм. Была рассмотрена еще одна пара водосборов в бассейне реки Ковит с площадью 13,2 и 12,4 га. После обезлесения на одном из них годовой сток увеличился с 708 до 939 мм, а на контролируемой площади уменьшился с 865 до 833 мм. Общее увеличение стока в результате каротажа составило 263 мм [6].

Гиффорд Г.Ф. и Питт М.Д. описали опыт разрушения лесов гербицидами в водосборах в штатах Юта и Калифорния. Хотя увеличение стока после обезлесения считается установленным фактом, они все же предлагают учитывать влияние погоды. Они также обращают внимание на то, что после обезлесения, эрозия почв значительно увеличивается. Например, если на одном из водосборов в Калифорнии до уничтожения леса не было оползней, то после уничтожения леса в течение 10 лет наблюдался 61 оползень. Если до удаления леса в водотоках в год было накоплено 400 т осадков, то после удаления леса эта цифра увеличилась до 4000 т в год [4].

В Советском Союзе наблюдения за стоком на различных маленьких водосборах проводились обычно без значительных заготовок и посадок деревьев. Наиболее известными являются наблюдения в районе Валдая, проведенные в течение длительного времени С.Ф. Федоровым и другими сотрудниками Государственного гидрологического института. На Валдайской возвышенности с холмистым рельефом расположены лесные водоразделы, водоразделы с меньшей площадью леса и безлесные водо-

сборы. Наблюдения за стоком, начатым еще в 1930-х годах, показали, что ежегодный сток с безлесных водосборов больше, чем в лесных. Средний годовой сток лесного водосбора (44 га) за 1957...1967 гг. составлял 313 мм, а из более лесистого водосбора (45 га) – 231 мм. За период с 1939 по 1969 гг. годовой сток был равен 324 и 190 мм соответственно. Средние коэффициенты стока за этот период составляли 0,39 и 0,23 [6].

В целом, результаты наблюдений за стоком на небольших водосборных бассейнах в СССР, как и в других странах, обычно указывали на то, что на лесных водосборах сток меньше, чем на безлесных водосборах в течении года. В некоторых работах, результаты таких наблюдений были использованы для доказательства большого потребления влаги лесами.

**Влияние лесов на годовой сток рек.** Наряду с влиянием лесов на сток из небольших водосборов были предприняты попытки исследовать изменения в стоке относительно крупных рек, в соответствии с изменениями площади лесов в их бассейнах. Для этой цели применялся исторический метод, на основе сравнения изменений стока и лесного покрова во времени. Этот метод впервые применили Н.И. Максимович и Э.В. Оппоков, затем А.Д. Дуба и П.С. Кузин [5], а затем Н.И. Костневич и А.Г. Булавко. Объектом исследования были реки Вольта, Кама, Днепр и др. Н.И. Максимович и Н.И. Костневич пришли к выводу, что обезлесение и сокращение площади лесов в речных бассейнах приводит к снижению речного стока. Д.Г. Смарагдов поддержал эту теорию. Другие авторы не обнаружили четкой связи между изменениями стока и лесного покрова. По мнению Рахманова В.В. это можно объяснить влиянием колебаний климата на речной сток.

С развитием сети гидрологических наблюдений появились новые возможности для сопоставления ежегодного стока различных рек с лесным покровом в их бассейнах. Результаты сопоставления среднегодового стока с лесным покровом малых речных бассейнов (1936...1940 гг.) площадью от 480 до 12410 км<sup>2</sup>, позволили обнаружить четкую линейную связь между этими характеристиками. Эти небольшие бассейны расположены в верхней части Днепра в Самарской Заволжской области и в Украине, и природные условия были весьма схожими. В частности, соотношение между годовым стоком 12 рек – притоками реки Вятки и лесным покровом их бассейнов, характеризующиеся коэффициентом корреляции 0,88 и имеющим вид:  $y = 0,04x + 3,4$ , где  $y$  – средний годовой расход в дм<sup>3</sup>/с·км<sup>2</sup>;  $x$  – лесной покров в процентах [5].

Аналогичный метод сравнения среднегодового стока с лесным покровом применял А.П. Бочков, используя для этой цели совокупность из 92 бассейнов различных лесных массивов, расположенных на большой территории лесной зоны в европейской части СССР. Он разбил весь этот агрегат на группы с осадками 550, 500 и 450 мм и разработал графики связи между нормой стока и лесом для каждой группы. Связь была криволинейной, что, по мнению некоторых экспертов, было связано с большой разбросанностью бассейнов с аналогичными осадками над территорией. Согласно этой связи для каждого процентного прироста леса, ежегодный прирост покрытия увеличивается на 1,0...1,5 мм [1].

С.Х. Будыко обнаружил, что в условиях Беларуси для каждого процента прироста лесного покрова среднегодовой сток увеличивается на 1,4 мм. Аналогичные результаты найдены в исследовании стока рек на Украине. Однако, в этом исследовании было несколько небольших водосборов, где зависимость между стоком и лесом уменьшалась. Тем не менее, автор пришел к выводу, что леса Украины способствуют увеличению речного стока. Позднее Г. Паулюкявичюс, сравнивая годовые объемы речного стока с лесным покровом бассейнов Литвы, установил линейную связь между ними. В его практических рекомендациях подчеркивается необходимость облесения для увеличения водных ресурсов в республике [5].

Таким образом, результаты исследований связи годового стока с лесным покровом, привели к определенному выводу о водоохраной роли лесов, которая проявилась в увеличении стока рек с увеличением площади лесов в бассейнах. Поскольку исследования проводились в речных бассейнах с разным лесом, растущим в разных климатических условиях, то этот вывод можно отнести в среднем для всех типов лесов.

***Леса и качество пресной воды.*** Леса играют важную роль в защите водных ресурсов от физического, химического, биологического и термического загрязнения. Известно, что камни и почва, входящие в реки, озера и другие водоемы, в результате водной эрозии, уменьшают чистоту воды, способствуют заилению и накоплению осадков. Чистая вода необходима не только для человека, но и для промышленных предприятий. Загрязнение водных объектов снижает содержание кислорода в воде, что оказывает очень вредное воздействие на жизнь водной фауны и флоры. Лесной покров уменьшает водную эрозию до минимума. После вырубki леса вымывание почвы может достигать 500...600 м<sup>3</sup>/га. Незащищенные водные объекты из-

за заиления и накопления осадков быстро становятся неглубокими. Многие водохранилища за несколько лет заилены на 70 % [10].

Поверхность водоемов без леса получает гораздо больше солнечной энергии по сравнению с облесенными. В связи с этим температура воды в безлесных водоемах может быть выше на 7...8 °С. Такое повышение температуры воды в жаркую погоду отрицательно сказывается на водной среде обитания. Известно, что метаболизм рыб зависит от температуры воды. Повышение температуры воды на 10 °С увеличивает потребность рыбы в кислороде в 2...3 раза. Были случаи, когда вырубка лесов вдоль берегов малых рек приводила к гибели отдельных видов рыб [7]. Повышение температуры воды в результате разрушения лесов может иметь неблагоприятные последствия для муниципального и промышленного водоснабжения вследствие изменения его вкуса, запаха и химических и охлаждающих свойств. Повышение температуры воды более чем на 3 °С, вызванное погодными условиями, неблагоприятно для вышеупомянутых целей.

Лес является одним из эффективных средств предотвращения загрязнения воды. В облесенных водоемах содержание химических веществ обычно невелико (до 0,9 мг/л), после обезлесения их содержание увеличивается в 50 раз и более. С каждого квадратного километра облесенных водоразделов в водоемы попадают до 7 т растворенных химических веществ. Это значение увеличивается до 17 т/га на безлесных водосборах. В результате такого сильного химического загрязнения вода становится непригодной для внутреннего и промышленного использования [10].

Особое внимание следует уделить воздействию леса на бактериологические характеристики воды. Максимально допустимый уровень бактерий в воде оценивается в 10 000 колоний на 100 мл. В ряде случаев из-за сброса неочищенных муниципальных и сельскохозяйственных сточных вод в водоемы содержание бактерий в воде превышает допустимые нормы [11].

Леса могут быть эффективным средством защиты пресной воды от бактериального загрязнения. Исследования показали, что бактериологические показатели воды, проходящей через леса, намного лучше, чем вода из открытых районов.

Различные деревья и кустарники по-разному влияют на качество воды, проходящей через леса. Если мутность воды, протекающей в безлесной зоне, составляет 100 %, то после протекания через сосновый бор, она уменьшается до 20, через вязовый лес – до 17 и дубовый до 15 %. Таким образом, лес влияет как на улучшение качества воды, так и на компо-

ненты водного цикла (осадки, сток, испарение) и может эффективно использоваться для решения проблем регулирования и защиты водных ресурсов, защиты от эрозии, химического и бактериологического загрязнения воды [9].

Многие страны полагаются на «защитные леса», чтобы сохранить качество питьевой воды, уменьшить наводнения и предотвратить эрозию и оползни. Польза от защиты лесов и устойчивого управления лесами в отношении качества воды все чаще признается, а лесные массивы создаются для защиты водной среды.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воронков Н.А. Роль лесов в охране вод. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. 279 с.
2. Китредж Д. Влияние леса на климат, почвы и водный режим – М.: Изд-во иностр. лит. – 1951. – С.
3. Нейштадт М.И. История лесов и палеогеография СССР в голоцене. – М.: 1957. – 404 с.
4. Рахманов В.В. Влияние леса на сток рек. // Лес и степь. – 1951. – № 9. – С. 11-17.
5. Рахманов В.В. Водоохранная роль лесов. М.: 1962. – 236 с.
6. Рахманов В.В. Гидроклиматическая роль лесов. – М.: Лесная промышленность, 1984. – 240 с.
7. Рахманов В.В. Лесная гидрология. Итоги науки и техники. – Лесоведение и лесоводство. Т. 3 – М.: ВИНТИ, 1981. – 184 с.
8. Ханбеков И.И., Недведцкий Н.А., Власюк В.Н., Ханбеков Р.И. Влияние леса на окружающую среду. – М.: Лесная промышленность, 1980. – 133 с.
9. Garczynski F. Effect of percentage forest cover on the hydrological regime in three regions of the USA // IAHS-AISH Publication (IAHS). – 1980.
10. Giffoid G.F. Runoff and sediment yields from runoff plots on chained pinyonjuniper sites in Utah. // Journ. Range Managem. – 1973. – № 6. – P. 440-443.
11. Lull H.W., Sopper W.E. Factors that influence streamflow in the northeast //Water Resources Research. – 1966. – Т. 2. – №. 3. – С. 371-379.

Поступила 28.03.2017

А.С. Худоназаров

#### СУ ОРТАСЫНА ОРМАН ӨСІРУ ӨСЕРІ

**Түйін сөздер:** орман, су ортасы, өзен ағыны, су жинау алаңы, орман шаруашылығы, орман өсіру, судың сапасы, ағыны азайту, ағыны ұлғайту, ормандардың су қорғау рөлі

*Акватикалық экожүйесіне орман әсері қарастырылды. Су жинау алаңының өзен ағынына орман өсіру мен ормандарды кесу әсері, өзендердің жылдық қозғалысы және тұщы су сапасына ормандардың әсері зерттелген. Әрбір зерттеу бөлімі туралы қорытындылар жасалды.*

Khudonazarov A.S.

#### **IMPACT OF FOREST ON WATER ENVIRONMENT**

**Keywords:** forest, water environment, river runoff, catchment basin, forest cover, afforestation, water quality, reduced runoff, increased runoff, water protection role of forests

*The influence of forests on water ecosystem is examined. The influence of afforestation and deforestation on river runoff from small catchment basins, the influence of forests on the annual runoff of rivers and on quality of fresh water have been studied. Conclusions are given for each of the studied sections.*