

УДК 630(07):630\*58:630\*116

## ВЛИЯНИЕ РУБОК ГЛАВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ НА ВОДНЫЙ БАЛАНС МАЛЫХ ВОДОСБОРОВ В БУКОВЫХ ЛЕСАХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА

© 2020 г. Н. А. Битюков<sup>а</sup>, \*, Л. М. Шагаров<sup>б, в</sup>

<sup>а</sup>ФГБУ “Сочинский национальный парк”, ул. Московская, 21, Сочи, 354000 Россия

<sup>б</sup>ГКУ КК “Природный орнитологический парк в Имеретинской низменности”, ул. Ленина, 96, Сочи, 354340 Россия

<sup>в</sup>Филиал ФГБНУ “Институт природно-технических систем” в г. Сочи,

Курортный просп., 99/18, Сочи, 354000 Россия

\*E-mail: nikbit@mail.ru

Поступила в редакцию 29.01.2019 г.

После доработки 29.05.2019 г.

Принята к публикации 06.04.2020 г.

В статье приведены результаты анализа экспериментальных материалов, полученных на комплексном лесогидрологическом стационаре при постановке активного эксперимента по ведению лесного хозяйства на малых водосборах. Показаны изменения элементов водного баланса горных склонов на малых (элементарных) водосборах в формации буковых лесов в связи с рубками. По данным 40-летних наблюдений за элементами лесных экосистем, которые были изменены в результате проведения рубок главного пользования, установлено, что все их элементы подвержены динамике в многолетнем разрезе. Так, на сплошной вырубке 40-летнего возраста в буковых насаждениях значительно снизились транспирационные расходы влаги травостоем, на 15–20% возросла инфильтрация. На водосборах с котловинной и добровольно-выборочной рубками наблюдается тенденция к стабилизации элементов водного баланса в сравнении с контрольным водосбором.

*Ключевые слова:* водный баланс, буковые леса, бук восточный, опытные рубки, элементарный водосбор, Северо-Западный Кавказ.

DOI: 10.31857/S0024114820040026

Организация многоцелевого природопользования в пределах горных водосборных бассейнов в настоящее время является доминирующей в мировой науке и практике. Это нашло свое отражение в рекомендациях Главы 13 Повестки дня на XXI в. “Управление хрупкими экосистемами: устойчивое развитие горных регионов” (Конференция ООН по окружающей среде и развитию (ЮНСЕД) в Рио-де-Жанейро в 1992 г.) (Рациональное использование ..., 1992).

К настоящему времени мировой и отечественной наукой накоплена обширная информация по влиянию хозяйственной деятельности на изменение продукционного потенциала, средообразующих и защитных функций растительного покрова. Исследованиями в странах Восточной и Западной Европы (Болгария, Румыния, Чехия, Словакия, Германия, Швеция, Швейцария, Англия) на экспериментальных водосборах установлено, что ведение лесного хозяйства имеет возможность влиять на количество и качество воды с водосборов, улучшить условия формирования грунтовых вод, существенно снизить эрозионные процессы в

бассейнах рек. Многоцелевое пользование лесами является одним из основных требований системы ведения лесного хозяйства, причем климаторегулирующим, водоохраным, санитарным и эстетическим функциям лесов должно отдаваться предпочтение.

Получены сравнительные результаты влияния разных способов рубок смешанных хвойно-широколиственных лесов (сплошные, узколесосечные), а также начальных этапов лесовосстановительных процессов на гидрологический режим и динамику основных биогенов в экосистемах малых водосборов (углерод, азот, кальций, калий, фосфор, натрий, сера и др.). Показано на большом числе экспериментальных водосборов (более 40) увеличение стока с водосбора после сплошной вырубки леса по сравнению с контролем.

В нашей стране для горных регионов (Кавказ, Урал, Средняя Сибирь, Дальний Восток (Коваль, 1970; Молчанов, 1960; Поляков, 1964; и др.), в Украинских Карпатах (Чубатый, 1980, 1984) лесогидрологические исследования входили составной частью в экологические программы в связи с

оценкой последствий лесопользования при различных технологических воздействиях на лесную среду. Массовый экспериментальный материал по основным лесным формациям и водосборным бассейнам Северного Кавказа получен многолетними экспедиционными и стационарными исследованиями по изучению антропогенного воздействия на водорегулирующие и почвозащитные функции горных лесов, выполненные НИИ горного лесоводства и экологии леса совместно с кафедрой гидрологии Одесского гидрометинститута.

Рассматриваемый в настоящей статье обширный экспериментальный материал, полученный в результате многолетних стационарных и экспедиционных исследований творческими коллективами Сочинской Научно-исследовательской лесной опытной станции, а затем НИИ горного лесоводства и экологии леса, его обобщение и сформулированные экологические основы многоцелевого использования лесов, направлены на практическое решение сложной проблемы рационального природопользования на горных водосборах. При подготовке статьи использованы материалы наблюдений в поясе буковых лесов на специально организованном в 1963–1965 гг. лесогидрологическом стационаре (ЛГС) “Аибга”, на котором был проведен цикл 8-летних калибровочных наблюдений, затем выполнены различные способы рубок с последующим мониторингом динамики параметров среды и биоты вплоть до закрытия ФГБУ “НИИ горного лесоводства и экологии леса” в 2012 г.

Пояс буковых лесов на Кавказе на западе начинается от р. Пишиш и простирается на восток до границы лесов (1200–1400 м. над ур. моря). Высотные пределы его при этом изменяются от 100–200 м над ур. моря на северо-западе до 1000–1100 м над ур. моря в Центральном и Восточном Кавказе. В западной части региона пояс буковых лесов размещается от 600 до 900 м над ур. моря, а в центральной и восточной – от 700–800 до 1700–1800 м над ур. моря. Наиболее продуктивные древостои бук формирует на высоте 700–1300 м над ур. м. Оптимальные условия для буковых лесов на Северо-Западном Кавказе отмечаются в интервале высот 300–1200 м над ур. моря. На богатых, глубоких свежих почвах буковые древостои достигают высоты 42–45 м с запасом древесины 600–700 м<sup>3</sup> га<sup>-1</sup>. Эти леса обеспечивают поддержание экологического равновесия и гидрологического режима региона.

Из всех антропогенных факторов наибольшее воздействие на состояние горных буковых лесов и их экологический потенциал оказывают рубки главного пользования, приводящие к существенному нарушению гидрологического режима, интенсивному развитию эрозионных процессов, изменению качественной структуры нового поколения леса (Коваль и др., 2012).

Для разработки стратегии устойчивого лесопользования в исследуемом регионе большое значение представляет изучение изменения водного режима горных лесов в связи с рубками, которому посвящен целый ряд работ (Битюков и др., 2012; Битюков, Шагаров, 2013б; Шагаров, 2012, 2013а; Bityukov et al., 2012).

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА

**Характеристика региона исследований.** Исследования проводились на территории ЛГС “Аибга”, который был организован специалистами НИИгорлесэкол в 1963 г. в буковых лесах бассейна р. Мзымта на территории Сочинского национального парка. ЛГС “Аибга” был заложен на водоразделе рр. Мзымта и Псоу, на высотах от 385 до 1150 м над ур. моря, на общем склоне юго-западной экспозиции со средней крутизной 25°. Участок имеет площадь 44.9 га, состоит из водосборов четырех ручьев и является репрезентативным для формации буковых лесов Западного Кавказа по высотному расположению, крутизне и ориентации склонов, а также условиям местопроизрастания и лесоводственными характеристиками (рис. 1). Почвенный покров здесь представлен маломощными (22% площади), среднемощными (50% площади) и мощными (28% площади) бурыми лесными почвами. Насаждения – естественные разновозрастные буковые древостои I и Ia классов бонитета с полнотой 0.8–0.9 и запасом древесины на уровне 580–670 м<sup>3</sup> га<sup>-1</sup>. Подрост под пологом леса (в материнском насаждении) – 700–20000 шт. га<sup>-1</sup>, из них бука восточного (*Fagus orientalis* Lipsky) – до 10000 шт. га<sup>-1</sup>. Характеристика насаждений ЛГС “Аибга” приведена в табл. 1. ЛГС “Аибга” является уникальным объектом по изучению горных лесов благодаря хорошей оснащенности приборами, периоду функционирования более 45 лет и реализации долгосрочной программы исследований.

Исследования на ЛГС “Аибга” включали 3 этапа: 1-й – организация и проведение калибровочных (сравнительных) наблюдений на водосборах, не затронутых хозяйственной деятельностью (до 1973 г.); 2-й – проведение опытных рубок и изучение изменений элементов водного баланса в период рубок (1973–1974 гг.); 3-й – осуществление комплексного экологического мониторинга горных лесных экосистем на водосборах с хозяйственным воздействием и на контрольном водосборе (без рубок).

При этом на трех водосборах ЛГС “Аибга” в течение 1973–1974 гг. проведены: на 1-м водосборе площадью 7.6 га – сплошнелесосечная рубка; на 2-м (11.7 га) – три приема котловинной рубки с выборкой деревьев из 24 котловин общей площадью около 7.32 га, расположенных равномерно по водосбору (по 8 котловин в один прием); на

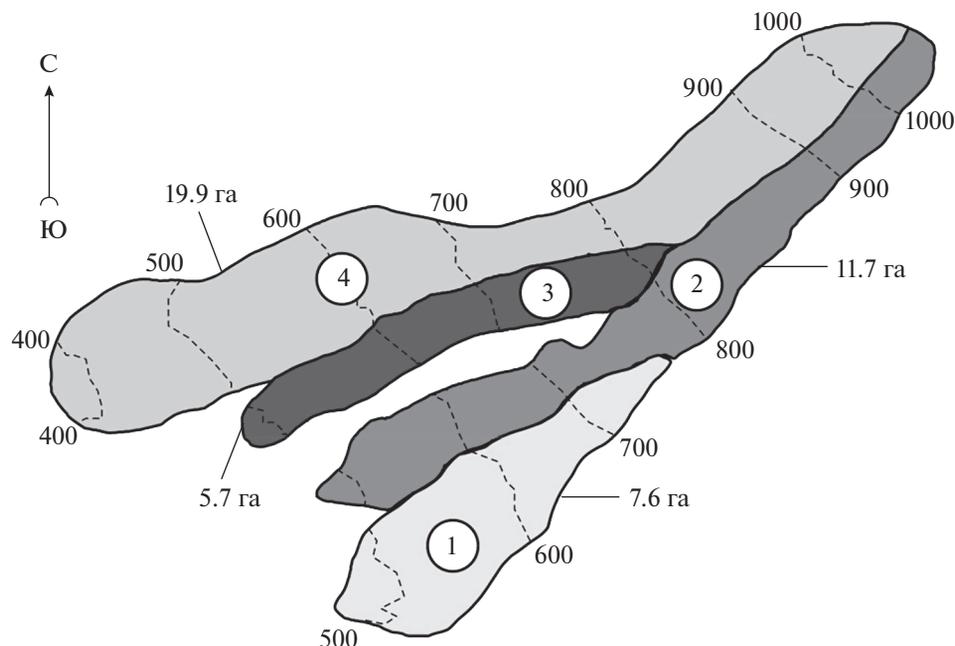


Рис. 1. Схема расположения водосборов (1–4) ЛГС ‘Аибга’.

3-м (5.7 га) – добровольно-выборочная рубка с выборкой 23% запаса древесины; 4-й водосбор (19.9 га) оставлен в качестве контрольного. Технология лесозаготовок во всех случаях – тракторная трелевка хлыстов по горизонтальным волокам-террасам, проложенным через 80–100 м.

Изучение водного баланса водосборов включало учет твердых и жидких осадков, склонового и грунтового стока, наблюдения за режимом влажности почвы и всеми видами испарения. Динамика стока определялась по данным измерений уров-

ней и стока в замыкающих створах водосборов, оснащенных самописцами уровней воды ‘Валдай’. Расчленение гидрографов стока на склоновую и грунтовую составляющие проводили методом срезки.

Метеорологические элементы изучали на пяти метеоплощадках (по одной на каждом водосборе под пологом леса и на открытом месте). Температуру и влажность воздуха регистрировали с помощью стандартного оборудования с записью самописцами. Осадки измеряли по пяти осадкомерам

Таблица 1. Таксационные характеристики буковых насаждений на ЛГС ‘Аибга’ до рубки (1972 г.)

Пробная площадь	Высота над ур. моря, м	Средняя крутизна склона, °	Состав древостоя	Таксационные показатели			
				число стволов, шт га <sup>-1</sup>	сомкнутость крон	сумма площадей сечений, м <sup>2</sup> га <sup>-1</sup>	запас, м <sup>3</sup> га <sup>-1</sup>
1	600–640	15	10Бк, ед. Ил, Кл	151	0.9	35.25	600.0
2	610–680	29	10Бк + Г, ед. Ил,	307	0.8	34.8	540.9
3	610–670	21	10Бк + Г, ед. Ил, Лп, Кл	264	0.8	35.96	592.5
4	600–650	25	10Бк, ед. Ил, Кл	294	0.9	40.30	666.0
5	700–740	32	10Бк, ед. Г, Ил, Кл, Лп	220	0.8	34.10	558.7
6	880–920	23	10Бк + Ил, Лп, ед. Г, Кл	412	0.9	38.93	626.5
7	850–900	27	8Бк, 1Ил, 1Лп + Г, Кл,	278	0.9	39.90	656.5
8	860–910	26	8Бк, 1Ил, 1Лп + Г, Кл	307	0.9	40.88	673.6

Примечание. По данным Л.М. Шагарова (2013).

Состав древостоя: Бк – бук восточный *Fagus orientalis*, Г – граб обыкновенный *Caprinus betulus*, Ил – ильм горный *Ulmus glabra*, Кл – клен остролистый *Acer platanoides*, Лп – липа бегониелистная *Tilia begoniifolia*.

Все пробные площади приурочены к склону юго-западной экспозиции.

Третьякова (со стандартной лепестковой защитой) на каждой метеоплощадке в лесу и по двум осадкомерам с записью плувиографом — на открытом месте. При наличии снежного покрова ежедневно наблюдали за высотой снега на каждой метеоплощадке и 1 раз в 5 дней проводили маршрутную снегосъемку.

Режим влажности почвы изучали в районе метеоплощадок термовесовым способом до глубины 1 м. Сроки определения влажности — 1 раз в 1 мес. в холодный период и не реже 2 раз в 1 мес. — в период вегетации.

Испарение с почвы на ЛГС “Аибга” изучали в течение вегетационных периодов 1965–2012 гг. Почвенные испарители ГГИ-500-50 были установлены на стационаре лишь в 1967 г. (под пологом леса на пробной площади 4/63 и на вырубке у стены леса). До этого времени, т.е. в 1965–1967 гг., применялись микроиспарители с изолированным монолитом по методике Л.К. Позднякова (1963). Для наблюдений за испарением было выбрано 4 пункта: пробная площадь 1/63, сплошная вырубка (на склоне юго-западной экспозиции), участок, пройденный выборочной рубкой, и контроль для него под пологом нетронутых насаждений — на южном склоне. Измерения проводились в апреле, мае, июне и июле 1965 и 1966 г. Всего сделано по 36 измерений интенсивности испарения в каждом пункте с 4-кратной повторяемостью каждого измерения.

Определение транспирационных расходов производили для 3-х видов растений: ежевики анатолийской (*Rubus sanctus* Schreb.), трахистемона восточного (*Trachystemon orientalis* (L.) G. Don) и орляка обыкновенного (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn), поскольку было установлено, что именно эти виды преобладают на площадях рубок и под пологом леса. Остальные виды (не более 5%) условно отнесены к ближайшим сходным по строению.

Динамика травяного и кустарникового покрова изучалась на ЛГС “Аибга” в связи с определением транспирационных расходов влаги до и после проведения опытных рубок. Для расчета использованы данные по динамике развития фитомассы травянисто-кустарничкового покрова, которую учитывали по степени проективного покрытия для основных видов. Фитомассу изучали методом укосов на площадках  $0.5 \times 0.5$  м, расположенных статистически равномерно по вырубке числом не менее 30.

Суммарное испарение со склона рассчитано как сумма его компонентов (транспирация + испарение с почвы + перехват). Получены также величины испарения с водной поверхности, наблюдаемые на метеостанции “Красная Поляна” с применением водного испарителя ГГИ-3000, которые можно принять в качестве значений, при-

ближенно характеризующих испаряемость для данного района, — около 600 мм за теплый сезон.

На ЛГС “Аибга” наблюдения за влажностью почвы до опытных рубок (1964–1973 гг.) и после них (1974–2012 гг.) проводили весовым методом на четырех пробных площадях, находящихся примерно на одной высоте (около 600 м над ур. моря) при одинаковой экспозиции. Образцы почвы на влажность отбирали раз в месяц до глубины 1 м через каждые 10 см в 4-кратной повторности для верхних горизонтов и 3-кратной с 50 см и ниже. Динамика влажности почвы под буковыми насаждениями связана с режимом осадков. Так, обычно начало гидрологического года (1 ноября) характеризуется малым расходом влаги из почвы на суммарное испарение, и значительным увлажнением осенними затяжными дождями. В результате происходит активное накопление влагозапасов и постепенное промачивание почвы на всю метровую глубину. Если осадков выпадает достаточно, то в декабре в однометровом горизонте почвы влагозапасы достигают величины наименьшей влагоемкости.

Полог леса оказывает влияние на трансформацию осадков во времени и по площади в лесу благодаря так называемому перехвату осадков. Перехват дождя кронами деревьев состоит в образовании пленки, смачивающей листья и скелетную часть. Водяная пленка во время дождя и после него испаряется. Поэтому перехват осадков входит в водный баланс как часть суммарного испарения. Наибольшее количество воды, удерживаемое растительностью благодаря силам поверхностного натяжения, называют емкостью перехвата. Последняя определяется общей площадью смачивания (поверхность листьев, ветвей и стволов) и зависит от силы ветра, срывающего капли воды до образования максимальной возможной их величины. Расчет емкости перехвата для букового древостоя ЛГС “Аибга” дает следующие результаты: площадь листьев составляет в среднем 8.4 га на 1 га, поверхность стволов —  $0.41 \text{ га га}^{-1}$ , поверхность сучьев и ветвей крон около  $0.6 \text{ га га}^{-1}$ . Приняв толщину пленки воды, способной удержаться на поверхности листьев около 0.05 мм, а на поверхности стволов — 0.1 мм (Осипов, 1967), получим величину перехвата листьев 0.84 мм, а ветвями и стволом — 0.1 мм. Однако, измерение емкости перехвата осадкомерами дает более высокие его значения, поскольку полный перехват включает также влагу, испарившуюся во время дождя. Поле осадков под пологом неравномерно — имеются пятна максимумов и минимумов слоя дождя, расположение которых зависит от группировки деревьев. Чем больше величина дождя, тем большей неравномерностью (по абсолютным значениям) обладает поле осадков; однако относительное варьирование с ростом слоя дождя уменьшается

до 7–10% при осадках 70–170 мм. При этом наличие листвы в пологе увеличивает вариацию осадков почти в 2 раза.

При проведении долговременного мониторинга использовались общепринятые методы полевых микроклиматических, водно-балансовых и лесоводственно-таксационных исследований. Все результаты наблюдений за период 1964–2010 гг. были внесены в единую электронную базу данных “Экспериментальные данные по динамике горных лесных экосистем Черноморского побережья Кавказа” (Свидетельство ..., 2012). Для коррелятивного анализа использован статистический метод, а также методы сравнительно-географического и пространственно-временного анализа.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты многолетних наблюдений на ЛГС “Аибга” позволяют не только рассчитать водный баланс элементарных водосборов, но и проследить сезонные изменения его отдельных элементов для зоны буковых лесов Северо-Западного Кавказа. Для водотоков, представляющих собой притоки 1-го порядка и дренирующих только часть грунтовых вод своего бассейна, уравнение водного баланса может быть записано в следующем виде (Соколовский, 1968):

$$X = Y_{\text{пов}} + (K_1 Y_{\text{под}} + K_2 Y_{\text{под}}) + Z \pm \Delta I, \quad (1)$$

где:  $X$  – осадки;  $Y_{\text{пов}}$  – поверхностный сток;  $Y_{\text{под}}$  – подземный сток;  $K_1$  – часть подземного стока, дренируемая данным водотоком;  $K_2$  – часть подземного стока, дренируемая водотоком высшего порядка, причем  $K_1 + K_2 = 1.0$ ;  $Z$  – суммарное испарение;  $\Delta I$  – аккумуляция вод в бассейне. В горных условиях величина  $Y_{\text{пов}}$  включает не только поверхностный, но и дренажный сток, проходящий по крупным дренам верхнего почвенного слоя, т.е. целиком склоновый сток, поскольку гидравлические характеристики этих видов стока сопоставимы и разделить их очень трудно.

В статье транспирация растений травяно-кустарникового покрова до рубок (1966–1973 гг.) приводится ориентировочно, так как была принята равной средней величине из определений, полученных на контрольном водосборе в последующие годы (в табл. 4 эти величины даны в скобках). Показатели грунтового стока были получены путем анализа гидрографов стока с последующим выделением склоновой составляющей. Ввиду методических сложностей определить перехват осадков пологом леса в зимнее время и испарение со снежного покрова не представилось возможным.

Инфильтрационную часть баланса определяли по остаточному принципу, поэтому она включает в себя ошибки определения каждого элемента баланса. В качестве контрольного нами рассматри-

вался водный баланс водосбора № 4, где водоток дренирует практически весь сток, как и на основных реках региона. Коэффициенты дренирования подземных вод до рубки для ручьев водосборов №№ 1 и 3  $K = 0.0$ , для ручья водосбора № 2 –  $K 0.067$ , для ручья водосбора № 4 –  $K 0.823$  (Битюков, 2015).

Необходимо отметить, что изменения элементов водного баланса наблюдались и на контрольном водосборе № 4, не затронутом лесохозяйственной деятельностью. Элементы водного баланса контрольного водосбора № 4 за 45-летний период наблюдений (с 1966–1967 по 2009–2010 гидрологические годы) приведены в табл. 2.

В таблице 3 приведен водный баланс одно-метрового слоя почвы за 3 гидрологических года предшествующих рубкам для всей площади стационара. При этом испарение и инфильтрация получены расчетным путем по сезонам: за холодный период величина испарения условно принята равной нулю; за теплый период величина инфильтрации также условно принята равной нулю.

Величины водного баланса до рубки (1) при среднем соотношении элементов, а также практически совпадающие с нормой годовой и сезонной сумм осадков, можно представить в следующем виде:

$$\text{в мм: } 2595 = 154 + (0.823 \times 1692 + 0.177 \times 1692) + 769 - 10, \quad (2)$$

$$\text{в \%: } 99.6 = 5.9 + (0.823 \times 65.0 + 0.177 \times 65.0) + 29.1 - 0.4. \quad (3)$$

Из приведенных расчетов следует, что наибольшую долю в среднем годовом балансе составляет подземный сток (или инфильтрация в почвоподстилающие грунты) – 65%, суммарное испарение – 29.1%, на склоновый сток приходится – 5.9%,

Для оценки водорегулирующей роли лесных насаждений особое внимание следует обратить на водный баланс теплого времени года, когда происходит активный биологический расход влаги. В качестве примера расчета водного баланса за вегетационные периоды (за 1966–1970 гг.) приводится табл. 4, в которой показано его распределение по составляющим за 5 вегетационных периодов, включающих засушливые (1967 и 1969 гг.), переувлажненные (1966 г.) и близкие к норме по осадкам (1968–1970 гг.) годы. Как показали расчеты, осадки, которые выпадают в течение вегетационного периода полностью расходуются в течение сезона, наряду с частью весенних влагозапасов почвы (19–79 мм). Приходная часть баланса за вегетационный период составляет 939–1419 мм, в среднем – 1300 мм.

Значения величин среднего баланса за вегетацию, рассчитанные путем осреднения данных за

Таблица 2. Элементы водного баланса контрольного водосбора № 4 ЛГС "Аибга" за 45 лет

Гидрологические годы	Осадки, мм	Суммарное испарение		Склоновый сток		Грунтовый сток		Разность влагозапасов	
		мм	%	мм	%	мм	%	мм	%
1966–1967	2259	774	34.3	168	7.4	985	45.6	332	14.7
1968–1969	1780	693	38.9	118	6.6	936	52.6	33	1.9
1969–1970	2599	799	30.8	274	10.5	1282	49.3	244	9.3
1971–1972	2983	753	25.3	545	18.3	1763	59.1	–78	–2.7
1972–1973	2270	714	31.4	288	12.7	966	42.6	302	13.3
1973–1974	2286	731	31.6	408	17.8	1001	43.8	146	6.4
1974–1975	2823	795	28.1	526	18.7	1123	39.8	379	13.4
1975–1976	2689	596	22.2	562	20.9	1436	53.4	95	3.5
1976–1977	2973	910	30.6	448	15.1	1128	37.9	487	16.4
1977–1978	2884	725	29.6	565	19.6	1363	47.3	231	8.0
1978–1979	2295	895	39.0	495	21.5	947	41.3	–42	–1.8
1979–1980	2592	793	30.5	410	15.8	1177	45.4	212	8.2
1980–1981	2847	619	21.7	531	18.6	1635	57.4	62	2.2
1981–1982	2927	648	22.1	519	17.7	1639	56.0	121	4.1
1982–1983	2462	713	28.9	385	15.6	1308	53.1	56	2.3
1983–1984	2207	660	30.0	340	15.4	1402	63.5	–195	–8.8
1984–1985	2726	882	32.4	380	13.9	1773	65.0	–309	–11.3
1985–1986	1874	774	39.1	120	6.4	820	43.8	160	8.5
1986–1987	2984	972	22.5	440	14.8	1179	39.5	693	23.2
1987–1988	2977	650	20.7	320	10.7	1283	43.1	724	23.1
1988–1989	3553	759	21.4	268	7.5	1738	48.9	788	22.2
1989–1990	2522	520	20.6	425	16.8	1040	41.2	537	21.3
1990–1991	2229	507	22.7	356	16.0	1146	51.4	220	9.9
1991–1992	2531	398	15.8	633	25.0	1111	43.9	389	15.4
1992–1993	2112	382	18.1	522	24.7	1155	54.7	53	2.5
1993–1994	2000	642	32.1	318	15.9	809	40.4	231	11.6
1994–1995	3460	724	20.1	811	23.4	1207	34.5	721	20.1
1995–1996	2779	880	31.7	573	20.6	1141	41.0	189	6.8
1996–1997	2783	571	20.5	878	31.5	1178	42.3	113	4.1
1997–1998	1895	366	19.3	266	14.0	788	41.6	532	28.1
1998–1999	2422	909	37.5	251	10.4	1826	75.4	352	14.5
1999–2000	1929	371	19.2	939	48.7	571	29.6	48	2.5
2000–2001	2521	994	39.4	929	36.8	655	26.0	–56	–2.2
2001–2002	3128	635	20.3	929	29.7	1539	49.2	25	0.01
2002–2003	2067	383	18.5	1045	50.5	731	35.4	–90	–4.4
2003–2004	2010	489	24.3	1281	63.7	230	11.4	10	0.04
2004–2005	3080	876	28.4	1332	43.3	943	30.6	–71	–2.3
2005–2006	2843	971	34.2	1350	47.5	557	19.6	–35	–1.2
2006–2007	2532	503	19.9	1149	45.4	895	35.4	–16	–0.6
2007–2008	2361	689	29.6	1068	45.2	571	24.2	23	1.0
2008–2009	2188	492	22.5	1169	53.4	562	25.7	–36	–1.6
2009–2010	2153	377	17.5	1440	66.9	336	15.6	0.0	0.0
<b>Среднее</b>	<b>2536.5</b>	<b>679.4</b>	<b>26.7</b>	<b>613.7</b>	<b>24.6</b>	<b>1092.3</b>	<b>42.8</b>	<b>180.5</b>	<b>6.7</b>
<b>σ, мм</b>	430.4	181.3		367.1		390.6		259.4	

**Таблица 3.** Водный баланс склона под буковыми насаждениями за период до рубки

Элемент водного баланса	01.11.1966 – 31.10.1967		01.11.1968 – 31.10.1969		01.11.1969 – 31.10.1970		
	мм	%	мм	%	мм	%	
Осадки	2264	100.0	1784	100.0	2595	99.6	
Осадки под пологом	2057	90.9	1601	89.7	2404	92.3	
Перехват осадков	207	9.1	183	10.3	191	7.3	
Сток	Склоновый	127	5.6	50	2.8	154	5.9
	Грунтовый	976	43.1	992	55.6	1392	53.4
	Общий	1103	48.7	1042	58.4	1546	59.4
Влагозапас в почве	В начале года	344	Нет данных	374	Нет данных	386	Нет данных
	В конце года	394	Нет данных	386	Нет данных	376	Нет данных
	Разность	–50	–2.2	–12	–0.7	10	0.4
Суммарное испарение за вегетацию	464	20.6	407	22.8	505	19.4	
Инфильтрация измнее испарение	440	19.4	140	7.8	363	13.9	

**Таблица 4.** Водный баланс однометрового горизонта почвы ЛГС “Аибга” за вегетационные периоды 1966–1970 гг., мм

Элемент водного баланса		10.04– 31.10.1966	10.04– 10.10.1967	1.04– 10.10.1968	25.04– 31.10.1969	15.04– 31.10.1970	
Приход	Осадки	1340	1082	1210	897	1239	
	Осадки под пологом	1205	962	1085	791	1109	
	Влагозапас в почве	В начале вегетации	423	413	440	428	438
		В конце вегетации	344	394	374	386	376
		Разность	79	19	66	42	62
Расход	Перехват осадков	135	120	125	106	130	
	Испарение с почвы	93	94	80	79	87	
	Транспирация	404	370	447	328	418	
	Сток	Склоновый	(26)	32	32	14	36
		Грунтовый	(600)	390	495	310	522
		Общий	(626)	422	527	324	558
	Инфильтрация	160	95	97	102	108	

5 вегетационных периодов, предшествующих рубкам, выглядят следующим образом:

$$\begin{aligned} & \text{в мм: } 1208 = 32 + \\ & + (0.757 \times 572 + 0.243 \times 572) + 604, \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} & \text{в \%: } 100 = 2.6 + \\ & + (0.757 \times 47.4 + 0.243 \times 47.4) + 50.0. \end{aligned} \quad (5)$$

В (4) и (5) приходная часть на 95.5% состоит из осадков и на 4.5% – из влагозапасов почвы. Расходная часть наполовину состоит из суммарного испарения (транспирация – 32.5%, перехват осадков – 10.3%, испарение с почвы – 7.2%). Немного меньше (47.4%) приходится на инфильтрацию. Доля склонового стока составляет 2.6%.

Соотношение суммарного испарения и инфильтрации в водных балансах разных вегетационных периодов напрямую зависит от увлажненности последних. В засушливые годы преобладает испарение, а во влажные – инфильтрация. Часто в течение вегетационного периода расходуеться больше влаги, чем поступает на водосбор, о чем свидетельствуют отрицательные показатели инфильтрации за теплый сезон. Величина суммарного испарения напрямую зависит от радиационного и теплового балансов вегетационного периода и достигает 25.0–26.5% от годовых осадков. В более многоводные годы (при сумме осадков более 2600 мм) общий сток возрастает до 0.61–0.72 (61–72% от осадков), а доля инфильтра-

**Таблица 5.** Средний водный баланс за вегетационный период водосборов с опытными рубками ЛГС “Аибга”

Элемент водного баланса			Водосбор № 1		Водосбор № 2		Водосбор № 3	
			до рубки	после рубки	до рубки	после рубки	до рубки	после рубки
Приход (Осадки + влагозапас в почве), мм			1283	1214	1345	1376	1272	1317
Расход, %	Суммарное испарение	Перехват осадков	10.2	0.0	9.7	7.5	10.1	7.0
		Испарение с почвы	7.4	26.8	7.1	14.7	7.5	14.2
		Транспирация древостоем	30.3	0.0	29.2	24.8	31.2	26.8
		Транспирация травостоем	8.3	31.3	8.2	13.3	7.8	12.6
	Сток общий	2.9	4.6	6.4	10.4	1.6	0.9	
Изменение влагозапасов в почве			3.4	3.1	2.6	2.9	2.7	3.0
Инфильтрация			37.5	34.2	36.8	26.4	39.1	35.5

ции уменьшается ниже уровня дренирования стока ложем ручья (до 0.3%), при этом увеличивается как склоновый, так и подземный сток.

Вследствие такого влияния на водный баланс лесная растительность способствует накоплению влагозапасов на водосборах в холодный период года (до 173 мм), благодаря чему происходит регулирование и наиболее благоприятное распределение стока во времени. Соотношение элементов водного баланса изменяется от года к году в зависимости от количества выпавших осадков и поступившей солнечной радиации.

Таким образом, буковые насаждения характеризуются высоким водорегулирующим эффектом, и их произрастание на горных склонах в условиях переувлажненного бассейна р. Мзымта (Битюков, Шагаров, 2013а, 2016) обеспечивает перевод 65% годовой суммы осадков в грунтовые воды.

Рассмотрим изменения элементов водного баланса на водосборах с опытными рубками после проведения рубок.

В таблице 5 содержатся величины осредненно-го водного баланса за вегетационный период водосборов с опытными рубками ЛГС “Аибга”. С точки зрения характеристики водорегулирующей роли леса особый интерес представляет водный баланс в теплое время года, когда происходит активный биологический расход влаги.

Осредненный водный баланс однометровой слоя почвы за теплый сезон (по наблюдениям за 14 лет) включает: приходную часть из осадков (1274 мм, или 97.2%) и влагозапасов в почве (2.8%); расходную часть – из суммарного испарения (746 мм, или 56.9%), грунтового питания (508 мм, или 38.7%) и склонового стока (8.6%). В теплый сезон пополнения запасов глубоких грунтовых вод обычно не происходит.

По данным наблюдений на водосборах Росгидромета (бассейн р. Псий) с ненарушенными рубками буково-каштановыми древостоями можно определить, что в многолетнем разрезе водный баланс состоит из годовых осадков 2940 мм, суммарного стока – 1940 мм (66% осадков) и суммарного испарения – 1000 мм (34%).

По многолетним наблюдениям на водосборах ЛГС “Аибга” получены следующие результаты.

На водосборе № 1 после проведения сплошной рубки на площади 7.6 га незначительно возросло суммарное испарение: с 26 до 28% (на 10–12% в теплый сезон), в 3.4 раза увеличился сток (с 4.4 до 15%) и уменьшилась инфильтрация (с 68 до 58%). При этом составляющие суммарного испарения претерпели значительные изменения – при полном отсутствии транспирации древостоем и перехвата осадков пологом леса на вырубке резко возросли величины испарения с почвы и транспирации травяным покровом. В ходе естественного лесовосстановления на площадях рубок все составляющие суммарного испарения постепенно выравнивались.

Инфильтрационная часть баланса здесь занимает более трети за теплый сезон и две трети – за гидрологический год. Следовательно, после полного изъятия древостоя в условиях буковых лесов бурно развивающаяся травяная растительность способна расходовать влагу в равной мере с сомкнутыми древостоем.

На водосборе № 2 после первого приема котловинной рубки (из 11.7 га вырублено 2.0 га) суммарное испарение практически не изменилось, но в 1.5 раза возрос сток, как склоновый, так и грунтовой. За счет увеличения стока на 6% уменьшилась инфильтрационная часть баланса. В суммарном испарении за теплый сезон на водосборе № 2 за

Таблица 6. Средние за 5-летние периоды значения статей водного баланса водосборов ЛГС "Аибга"

Период, гг.	Сезоны	$X_0$ , мм	$W_{1м}$ , %	$P_d$ , %	$Z$ , %	$T_d$ , %	$T_t$ , %	$Y$ , %	$J$ , %
Водосбор № 1									
1966–1973	Теплый сезон	1238	3.5	10.0	7.2	21.4	4.5	2.8	50.6
	Гидрологический год	2290	-1.0	5.6	4.0	12.0	6.5	4.4	68.5
1974–1979	Теплый сезон	1214	-3.1	0.0	26.8	0.0	37.5	4.6	34.2
	Гидрологический год	2536	1.2	0.0	12.7	2.6	12.1	5.5	65.9
1980–1984	Теплый сезон	1168	0.4	1.7	27.6	2.6	23.1	13.7	30.9
	Гидрологический год	2496	-0.9	0.8	13.0	1.2	12.6	14.8	58.5
1985–1989	Теплый сезон	1275	3.5	9.2	19.4	8.3	10.7	9.7	39.2
	Гидрологический год	2723	0.3	4.3	9.1	3.9	2.8	10.3	69.3
1990–1994	Гидрологический год	2270	4.4	3.4	10.1	18.0	5.7	9.6	48.8
1995–1999	Гидрологический год	2676	1.6	4.2	8.0	19.0	4.1	9.5	53.6
2000–2005	Гидрологический год	2599	-3.9	–	–	52.9	–	2.6	48.4
2006–2010	Гидрологический год	2379	-0.8	–	–	41.0	–	4.6	55.2
Водосбор № 2									
1966–1974	Теплый сезон	1309	2.7	9.6	6.8	20.7	5.2	6.8	48.2
	Гидрологический год	2453	-0.8	5.3	3.8	11.3	5.9	12.2	62.3
1975–1979	Теплый сезон	1336	-0.3	7.5	13.5	17.6	12.9	11.4	37.4
	Гидрологический год	2812	0.1	3.6	6.4	8.4	5.7	18.4	57.4
1980–1984	Теплый сезон	1255	-0.1	5.7	17.8	19.0	13.5	19.8	24.3
	Гидрологический год	2697	-0.7	2.6	8.3	8.8	7.6	25.0	48.4
1985–89	Теплый сезон	1370	3.5	11.6	14.4	17.5	17.6	10.6	24.8
	Гидрологический год	2943	-0.2	5.4	6.7	8.1	5.1	13.8	61.1
1990–1994	Гидрологический год	2423	2.1	2.8	9.0	16.4	5.7	18.6	45.4
1995–1999	Гидрологический год	2837	0.5	4.1	6.6	15.0	6.3	19.6	47.9
2000–2005	Гидрологический год	2843	-2.5	–	–	48.6	–	10.9	43.0
2006–2010	Гидрологический год	2493	1.4	–	–	40.8	–	11.8	46.0
Водосбор № 3									
1966–1973	Теплый сезон	1239	3.4	10.0	7.2	22.5	4.1	1.6	51.2
	Гидрологический год	2336	-0.9	5.5	3.9	12.4	5.9	2.4	70.8
1974–1979	Теплый сезон	1277	-0.3	7.2	14.3	16.6	10.1	0.9	51.2
	Гидрологический год	2670	1.0	3.4	6.7	6.9	4.5	2.6	74.9
1980–1984	Теплый сезон	1196	-0.8	7.9	13.5	17.8	14.0	1.9	45.7
	Гидрологический год	2557	-1.0	3.7	6.3	8.3	7.8	2.5	72.4
1985–1989	Теплый сезон	1306	3.3	12.3	10.8	24.2	5.2	2.1	42.1
	Гидрологический год	2431	1.4	6.6	5.8	13.0	2.4	1.8	69.0
1990–1994	Гидрологический год	2234	1.6	3.5	10.6	18.5	5.5	5.9	54.4
1995–1999	Гидрологический год	2651	0.5	3.8	7.0	18.9	6.1	3.7	60.0
2000–2005	Гидрологический год	2428	-1.6	–	–	42.7	–	6.2	52.7
2006–2010	Гидрологический год	2277	-0.9	–	–	40.8	–	3.9	56.2
Водосбор № 4									
1966–1974	Теплый сезон	1264	2.8	10.1	6.9	22.5	5.0	44.8	7.9
	Гидрологический год	2360	-0.8	5.6	3.8	12.4	5.9	60.7	12.4
1975–1979	Теплый сезон	1291	2.9	9.1	12.6	21.4	5.0	48.0	1.0
	Гидрологический год	2706	0.3	4.4	6.2	10.5	3.6	60.7	14.3
1980–1984	Теплый сезон	1213	-1.4	8.3	13.3	27.5	10.3	67.4	-25.4
	Гидрологический год	2595	-1.2	3.9	6.2	12.9	5.9	72.0	0.3
1985–1989	Теплый сезон	1324	3.3	13.0	12.4	27.3	5.7	56.6	-18.3
	Гидрологический год	2823	1.4	6.1	5.8	12.8	2.0	58.5	13.4
1990–1994	Гидрологический год	2278	1.0	5.0	6.0	7.5	3.0	66.0	11.5
1995–1999	Гидрологический год	2668	0.4	5.5	6.5	10.9	3.0	59.4	14.3
2000–2005	Гидрологический год	2561	-1.5	–	–	26.2	–	44.8	30.5
2006–2010	Гидрологический год	2415	-0.8	–	–	24.7	–	52.0	24.1

Примечание:  $X_0$  – осадки на открытом месте, мм;  $W_{1м}$  – изменение влагозапасов в однометровом горизонте почвы, % от приходной части баланса;  $P_d$  – перехват осадков пологом леса, % от приходной части баланса;  $Z$  – испарение с поверхности почвы, % от приходной части баланса;  $T_d$  – транспирация древостоем, % от приходной части баланса;  $T_t$  – транспирация травяным покровом, % от приходной части баланса;  $Y$  – сток, % от приходной части баланса;  $J$  – инфильтрация, % от приходной части баланса. Приходная часть баланса включает сумму выпавших осадков и изменение влагозапасов в однометровом горизонте почвы (в мм слоя).

счет котловин уменьшились перехват осадков и транспирация древостоем и увеличились испарение с почвы и транспирация травостоем. Инфильтрационная часть баланса после рубки составляет здесь 52% от годового прихода. С проведением остальных двух приемов котловинной рубки доля суммарного испарения в годовом водном балансе изменялась в пределах 24–26%, с 12 до 25% увеличилась доля стока (как склонового, так и подземного), инфильтрация уменьшилась с 62 (до рубки) до 48%.

На водосборе № 3 с добровольно-выборочной рубкой изменения водного баланса наблюдались в первые 5 лет после рубки и выразились в уменьшении суммарного испарения и увеличении инфильтрации. Во вторую пятилетку после рубки сток на водосборе № 3 стабилизировался.

В целом на всех водосборах с опытными рубками в результате изъятия всего древостоя или его части водный баланс изменился в сторону уменьшения суммарного испарения и, следовательно, увеличения общего стока. В условиях избыточного увлажнения буковых лесов (годовая сумма осадков 2300–2800 мм) на суммарное испарение расходуется 28–30% годового баланса и баланса за теплый сезон. Остальные 70–72% баланса уходят на сток – быстрый (т.е. склоновый), замедленный (т.е. грунтовый) и питание глубоких грунтовых вод, которое для малых водосборных бассейнов относится к инфильтрации ниже уровня дренирования подземных вод водотоком. Склоновый сток возрастает с ростом длины склона элементарного водосбора. Поскольку 2 водосбора из 4 на ЛГС “Аибга” охватывают всю длину стока, можно считать предельной величиной склонового стока сток на втором водосборе (6–8%). Это означает, что бассейновому регулированию в зоне буковых лесов поддается около 60–65% годового баланса.

В таблице 6 приведены значения элементов водного баланса всех водосборов стационара, осредненные за восемь 5-летних периодов. Первый период (1966–1973 гг.) содержит показатели до рубки, а последующие периоды – показатели после рубки, за исключением контрольного водосбора № 4, на котором рубки не проводились. В результате анализа многолетней динамики элементов водного баланса были выявлены 3 периода наиболее резких количественных изменений его элементов: калибровочный (1966–1973 гг.) и два периода после проведения рубок (1974–1979 и 1980–2010 гг.).

В формировании общего стока на водотоках ЛГС “Аибга” принимает участие не только склоновый сток, но и глубоководное грунтовое питание, о чем свидетельствуют изменения инфильтрации в подстилающие почву породы в диапазоне 11.5–74.9%.

Средние значения стока после рубок на водосборах №№ 1 и 2 наиболее сильно возрастали во вторую пятилетку после рубок: На водосборе № 1 со сплошнолесосечной рубкой на 6–11-й год после рубки суммарный сток увеличился в 2.4 раза; на водосборе № 2 сразу после котловинной рубки суммарный сток увеличился в 1.35 раза и возрос в 1.92 раза на 6–11-й год; на водосборе № 3 (с добровольно-выборочной рубкой) резкого увеличения суммарного стока практически не наблюдалось. Сравнительный анализ изменения стока в период после рубок по отношению к контрольному водосбору показал, что в первую пятилетку после рубок увеличение стока наблюдалось на всех трех водосборах: в 1.3 раза – на сплошной вырубке, в 1.5 – на котловинной и в 1.06 раза – на добровольно-выборочной.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам многолетнего мониторинга доказано, что проведение рубок главного пользования в горных буковых лесах Северо-Западного Кавказа приводит к существенному изменению элементов водного баланса малых водосборов и нарушению водорегулирующих функций насаждений бука восточного, особенно при применении сплошнолесосечной рубки с тракторной трелевкой древесины.

Анализ изменений водного баланса методом сравнительных коэффициентов до и после рубки (аналогично анализу суммарного стока) дает следующие результаты. На первом водосборе суммарное испарение уменьшилось в первую пятилетку после рубок на 15, во вторую – на 25%; сток возрос соответственно в 1.25 и 2.8 раза. На втором водосборе суммарное испарение уменьшилось на 12–15%, сток в первую пятилетку возрос в 1.5 и во вторую – в 1.7–1.9 раза. На третьем водосборе уменьшение испарения составило 13–16%, сток увеличился в первый период в 1.1 раза, во второй период – сократился на 13%. Приведенные данные свидетельствуют о том, что в буковых насаждениях элементы водного баланса определяются как динамикой изменения лесной растительности после рубок, так и величиной площади водосбора, с чем связана глубина вреза русла, и как следствие – степень дренирования глубоких подземных вод.

В буковых лесах региона при выборе мест, способов и технологий проведения рубок необходимо в первую очередь обеспечить максимальное сохранение водоохранной и водорегулирующей роли насаждений, а также эффективность возобновительных процессов.

Длительные наблюдения на элементарных водосборах в буковой зоне Северо-Западного Кавказа позволяют сделать вывод, что рубки главного

пользования приводят к значительным изменениям как в биотической составляющей лесных экосистем, так и в условиях местопроизрастания. Возврат затронутых хозяйственной деятельностью лесных экосистем к исходному состоянию, по-видимому, невозможен. В результате возникают вторичные лесные экосистемы, отличающиеся по своим характеристикам от первичных и имеющие иные взаимоотношения между отдельными элементами среды.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Битюков Н.А.* Исследование водного и теплового режимов буковых лесов Черноморского побережья Кавказа. // Автореф. ... канд. географ. наук. (спец. 02.03.06). Изд-во Московского университета., 1972. 24 с.
- Битюков Н.А.* Итоги длительного мониторинга экосистем буковых насаждений Черноморского побережья Кавказа // Лесоведение. 2015. № 3. С. 202–207.
- Битюков Н.А., Пестерева Н.М., Ткаченко Ю.Ю., Шагаров Л.М.* Рекреация и мониторинг экосистем особо охраняемых природных территорий Северного Кавказа: Монография. Сочи: Изд. Сочинского госуниверситета, 2012. 456 с.
- Битюков Н.А., Шагаров Л.М.* Влияние рубок главного пользования на склоновый сток в дубравах Северо-Западного Кавказа // Лесоведение. 2016. № 5. С. 365–374.
- Битюков Н.А., Шагаров Л.М.* Мониторинг атмосферных осадков в буковых лесах Черноморского побережья Кавказа // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2013а. № 1(173). С. 67–71.
- Битюков Н.А., Шагаров Л.М.* Температура и влажность воздуха под пологом буковых лесов бассейна реки Мзымта // Там же. 2013б. № 5(177). С. 65–67.
- Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А.,* Методы исследования физических свойств почв и грунтов. М: Высшая школа, 1973. 315 с.
- Коваль И.П.* Стационар “Аибга” Сочинской научно-исследовательской опытной станции субтропического лесного и лесопаркового хозяйства. М: Всесоюзный НИИ лесоводства и механизации, 1970. С. 3–15.
- Коваль И.П., Битюков Н.А.* Количественная оценка водорегулирующей роли горных лесов Черноморского побережья Кавказа // Лесоведение. 1972. № 1. С. 3–11.
- Коваль И.П., Битюков Н.А., Шевцов Б.П.* Экологические основы горного лесоводства: Монография. Сочи: ФГБУ НИИгорлесэкол, 2012. 545 с.
- Молчанов А.А.* Научные основы ведения хозяйства в дубравах лесостепи. М: Наука, 1964. 400 с.
- Мосияш А.С., Лугавцов А.М.* Агроклиматическая характеристика Большого Сочи. Ростов-на-Дону. Изд-во Северо-Кавказского УГМС. 1967. 63 с.
- Наставление гидрометеорологическим станциям и постам // Вып. 6, ч. I, II. Л.: Гидрометеиздат, 1975. 315 с.
- Осинов В.В.* К вопросу о влиянии леса на распределение осадков // Лесоведение. 1967. № 4. С. 76–80.
- Поздняков Л.К.* О методике учета испарения с поверхности почвы при экологических исследованиях // Почв.-гидр. исследов. В лесу и лесных культурах. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 88–105.
- Поляков А.Ф.* Влияние главных рубок на почвозащитные свойства буковых лесов. М.: Лесн. пром-сть, 1965. 174 с.
- Рациональное использование уязвимых экосистем: устойчивое развитие горных районов. Глава 13 Повестки дня на XXI в. Доклад Конференции ООН по окружающей среде и развитию. A/CONF. 151/26. V. 11. 1992. С. 67–75.
- Свидетельство о государственной регистрации базы данных “Экспериментальные данные по динамике горных лесных экосистем Черноморского побережья Кавказа”. Заявитель и правообладатель Шагаров Л.М. № 2012621120. Опубл. 26.10.2012 г., Бюл. № 5.
- Соколовский Д.Л.* Речной сток. Л.: Гидрометеиздат, 1968. 527 с.
- Чубатый О.В.* Влияние леса и его вырубки на водный баланс водосборов (на примере Карпат) // Лесоведение. 1980. № 2. С. 59–67.
- Чубатый О.В.* Формирование водного баланса водосборов в связи с возрастом буковых лесов Карпат // Лесоведение. 1984. № 1. С. 3–7.
- Шагаров Л.М.* Геоэкологические критерии и индикаторы устойчивого лесопользования // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2013. № 4. С. 80–83.
- Шагаров Л.М.* Геоэкологические особенности и рациональное использование буковых и дубовых лесов Черноморского побережья Кавказа // Дисс. канд. геогр. наук: (спец. 25.00.36.) Ростов-на-Дону. Южный федеральный университет. 2013б. 200 с.
- Шагаров Л.М.* Организация экологического мониторинга экосистем горных лесов // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2012. № 5. С. 91–94.
- Bityukov N.A., Pestereva N.M., Shagarov L.M.* GIS-based environmental monitoring of montane forest ecosystems in protected areas // European Researcher. 2012. V. 8-2(27). P. 1293–1298.
- Bityukov N.A., Shagarov L.M.* Degradation of water protection function of the Western Caucasus mountain oakeries as a result of fellings. // Nature Conservation Research. 2(3). 2017. P. 40–47. <https://doi.org/10.24189/ncr.2017.006>
- Robinson M., Cognard-Plang A-L., Cosandey C., David J., Durand P., Fuhrer H.-W., Hall R., Hendriques M.O., Marc V., McCarthy R., McDonnell M., Martin C., Nisbet T., O’Dea P., Rodgers M., Zollner A.* Studies of the impact of forests on peak flows and base flows: a European perspective // Forest Ecology And Managment. 2003. 186. P. 85–97.

## Final Cuttings Impact on the Water Balance in Beech Forests of the Small Hydrological Basins of North-Western Caucasus

N. A. Bityukov<sup>1,\*</sup> and L. M. Shagarov<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Sochi national park, Moskovskaya st., 21, Sochi, Krasnodar Krai, 354000 Russia

<sup>2</sup>Natural ornithological park in the Imeretinskaya lowland, Lenina st., 96, Sochi, Krasnodar Krai, 354340 Russia

<sup>3</sup>Branch of the Institute of Natural and Technical Systems, Kurortniy prosp., 99/18, Sochi, Krasnodar Krai, 354000 Russia

\*E-mail: nikbit@mail.ru

The article provides an analysis of experimental material obtained at a complex forest-hydrological research station including a running experiment on forest management in small watersheds. Changes in the elements of the water balance of mountain slopes in small (elementary) catchments in the beech forest formation in connection with tree logging are shown. As a result of 40 years of observations of elements of forest ecosystems that have been changed as a result of felling operations, it has been found that all elements of ecosystems are susceptible in their dynamics. In watersheds with hollow and voluntary-selective felling, there is a tendency to stabilize the water balance in comparison with the control catchment area.

*Keywords:* water balance, beech forest, oriental beech, experimental felling, elementary catchment, North-Western Caucasus.

### REFERENCES

- Bityukov N.A., *Issledovanie vodnogo i teplovogo rezhimov bukovykh lesov Chernomorskogo poberezh'ya Kavkaza. Avtoref. kand. geograf. nauk.* (Water and thermal regimes study in beech forests of the Caucasus' Black Sea coast. Extended abstract of Candidate's geographical sci. thesis), M.: Izd-vo Moskovskogo universiteta, 1972, 24 p.
- Bityukov N.A., Itogi dlitel'nogo monitoringa ekosistem bukovykh nasazhdenii Chernomorskogo poberezh'ya Kavkaza (The results of long-term monitoring of beech stands of the Black Sea Coast of Caucasus), *Lesovedenie*, 2015, No. 3, pp. 202–207.
- Bityukov N.A., Pestereva N.M., Shagarov L.M., GIS-based environmental monitoring of montane forest ecosystems in protected areas, *European Researcher*, 2012, Vol. 8–2(27), pp. 1293–1298.
- Bityukov N.A., Pestereva N.M., Tkachenko Y.Y., Shagarov L.M., *Rekreatsiya i monitoring ekosistem osobo okhranyemykh prirodnnykh territorii Severnogo Kavkaza* (Recreation and ecosystem monitoring in natural protected areas of Northern Caucasus), Sochi: Izd-vo SGU, 2012, 456 p.
- Bityukov N.A., Shagarov L.M., Degradation of water protection function of the Western Caucasus mountain oakeries as a result of fellings, *Nature Conservation Research*, 2017, No. 2(3), pp. 40–47.
- Bityukov N.A., Shagarov L.M., Monitoring atmosferykh osadkov v bukovykh lesakh Chernomorskogo poberezh'ya Kavkaza (Monitoring of atmospheric precipitations in Black Sea coastal beech forests), *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Severo-Kavkazskii region. Seriya: Estestvennye nauki*, 2013a, No. 1(173), pp. 67–71.
- Bityukov N.A., Shagarov L.M., Temperatura i vlazhnost' vozdukh pod pologom bukovykh lesov basseina reki Mzymta (Temperature and humidity under the beech forest canopy in the Mzymta River basin), *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Severo-Kavkazskii region. Seriya: Estestvennye nauki*, 2013b, No. 5(177), pp. 65–67.
- Bityukov N.A., Shagarov L.M., Vliyanie rubok glavnogo pol'zovaniya na sklonovy stok v dubravakh Severo-Zapadnogo Kavkaza (Principal fellings effect on surface runoff in oak forests of North-Western Caucasus), *Lesovedenie*, 2016, No. 5, pp. 365–374.
- Chubatyi O.V., Formirovanie vodnogo balansa vodosborov v svyazi s vozrastom bukovykh lesov Karpat (The formation of the water balance in hydrological basins with the ageing of the Carpathians beech forests), *Lesovedenie*, 1984, No. 1, pp. 3–7.
- Chubatyi O.V., Vliyanie lesa i ego vyrubki na vodnyi balans vodosborov (na primere Karpat) (The effect of forest cover and deforestation of the water balance of hydrological basins (by the example of the Carpathians)), *Lesovedenie*, 1980, No. 2, pp. 59–67.
- Koval' I.P., Bityukov N.A., Kolichestvennaya otsenka vodorreguliruyushchei roli gornyykh lesov Chernomorskogo poberezh'ya Kavkaza (Quantitative assessment of montane woodlands contribution to water regulation in Caucasian Riviera), *Lesovedenie*, 1972, No. 1, pp. 3–11.
- Koval' I.P., Bityukov N.A., Shevtsov B.P., *Ekologicheskie osnovy gornogo lesovodstva* (Ecological fundamentals of montane silviculture), Sochi: Izd-vo NIIGorlesekol, 2012, 565 p.
- Koval' I.P., *Statsionar "Aibga" Sochinskoi nauchno-issledovatel'skoi opytnoi stantsii subtropicheskogo lesnogo i lesoparkovogo khozyaistva* ("Aibga" Research Center of the Sochi Scientific Research Experimental Station of Subtropical Forest and Forest Park Management), Moscow: Vsesoyuznyi NII lesovodstva i mekhanizatsii, 1970, pp. 3–15.
- Molchanov A.A., *Nauchnye osnovy vedeniya khozyaistva v dubravakh lesostepi* (Scientific basis of forest management in oak stands of the forest-steppe zone), M.: Nauka, 1964, 256 p.
- Mosiyash A.S., Lugavtsov A.M., *Agroklimaticheskaya kharakteristika Bol'shogo Sochi* (Agroclimatic characteristics of the Big Sochi), Rostov-na-Donu: Izd-vo Severo-Kavkazskogo UGMS, 1967, 63 p.
- Nastavlenie gidrometeorologicheskim stantsiyam i postam*, (Manual for hydrometeorological stations and posts), Leningrad: Gidrometeoizdat, 1975, Vol. 6, Part I, II, 315 p.

- Osipov V.V., K voprosu o vliyaniy lesa na raspredelenie osadkov (On the effect the forests have on the distribution of precipitation), *Lesovedenie*, 1967, No. 4, pp. 76–80.
- Polyakov A.F., *Vliyaniye glavnykh rubok na pochvozashchitnye svoystva bukovykh lesov* (The effect of final cuttings on soil protection properties of the beech forests), M.: Lesn. prom-st', 1965, 174 p.
- Pozdnyakov L.K., O metodike ucheta ispareniya s poverkhnosti pochvy pri ekologicheskikh issledovaniyakh (On the methodology for assessment of evaporation from the soil surface in environmental studies), In: *Pochv.-gidr. issledov. v lesu i lesnykh kul'turakh* (Soil and hydrological studies in forests and forest stands) M.: Izd-vo AN SSSR, 1963, pp. 88–105.
- Ratsional'noe ispol'zovanie uyazvimykh ekosistem: ustoychivoe razvitiye gornyykh raionov*, (Efficient use of the vulnerable ecosystems: sustainable development of mountain regions), Povestki dnya na XXI vek. Doklad Konferentsii OON po okruzhayushchei srede i razvitiyu (Report of the United Nations Conference on Environment and Development), A/CONF.151/261992, Vol. 11, Chapter 13, Agenda 21, pp. 67–75.
- Robinson M., Cognard-Plang A.-L., Cosandey C., David J., Durand P., Fuhrer H.-W., Hall R., Hendriques M.O., Marc V., Mccarthy R., Mcdonnell M., Martin C., Nisbet T., O'dea P., Rodgers M., Zollner A., Studies of the impact of forests on peak flows and base flows: a European perspective, *Forest Ecology And Managment*, 2003, No. 186, pp. 85–97.
- Shagarov L.M., Geoekologicheskie kriterii i indikatorы ustoychivogo lesopol'zovaniya (Geoecological criteria and indicators of sustainable forestry), *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Severo-Kavkazskii region. Estestvennye nauki*, 2013, No. 4, pp. 80–83.
- Shagarov L.M., *Geoekologicheskie osobennosti i ratsional'noe ispol'zovanie bukovykh i dubovykh lesov Chernomorskogo poberezh'ya Kavkaza. Diss. kand. geogr. nauk* (Geoenvironmental features and rational exploitation of beech and oak forests in Caucasian Riviera. Candidate's of geogr. sci. thesis), Rostov-on-Don: YuFU, 2013, 200 p.
- Shagarov L.M., Organizatsiya ekologicheskogo monitoringa ekosistem gornyykh lesov (The ecological monitoring of montane forest ecosystems), *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Severo-Kavkazskii region. Seriya: Estestvennye nauki*, 2012, No. 5, pp. 91–94.
- Sokolovskii D.L., *Rechnoi stok* (River flow), Leningrad: Gidrometeoizdat, 1968, 527 p.
- Svidetel'stvo o gosudarstvennoi registratsii bazy dannykh "Eksperimental'nye dannye po dinamike gornyykh lesnykh ekosistem Chernomorskogo poberezh'ya Kavkaza". Zayavitel' i pravoobladatel' Shagarov L.M* (The certificate of state registration of the database "Experimental data on the dynamics of the mountain forests ecosystems of the Caucasus' Black Sea coast." Applicant and copyright holder Shagarov L.M.), 26 October, 2012. No. 2012621120.
- Vadyunina A.F., Korchagina Z.A., *Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv i gruntov* (Methods of studying the physical properties of soils), Moscow: Vysshaya shkola, 1973, 315 p.