

УДК 630\*116(517)

## ТРАНСФОРМАЦИЯ ВОДОРЕГУЛИРУЮЩИХ И ПОЧВОЗАЩИТНЫХ ФУНКЦИЙ ЛИСТВЕННИЧНЫХ ЛЕСОВ МОНГОЛИИ ПОД ВЛИЯНИЕМ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

Ю. Н. Краснощеков

*Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН  
660036, Красноярск, Академгородок, 50/28*

E-mail: kyn47@mail.ru

*Поступила в редакцию 25.12.2017 г.*

Рассмотрены данные экспериментальных исследований по влиянию рубок главного пользования и лесных пожаров на изменение водорегулирующих и почвозащитных функций лиственничных лесов Северной Монголии. Проанализированы результаты снегомерных съемок на вырубках и гарях в псевдо- и подтаежных лиственничных лесах Центрального Хангая и Восточного Хэнтэя. Выявлено, что в условиях малоснежных зим леса являются накопителями снега и могут существенно влиять на пополнение весенних влагозапасов и режим влажности почв. В период таяния снега сток в лесу начинается на 2–4 дня позже, чем на вырубках и гарях. Установлено, что в отличие от горных лесов Сибири, Урала и Дальнего Востока водорегулирующая роль лесов в Монголии наиболее четко выражена в теплый период года, когда выпадает основное количество осадков и формируется максимальный годовой сток рек. В это время лес в значительной мере препятствует формированию поверхностного стока, способствует более равномерному грунтовому питанию рек и является мощным противозрозионным фактором. В лесу жидкий поверхностный сток в летний период обычно не превышает 0.6 % от суммы осадков. Показано негативное воздействие условно-сплошных и сплошных рубок и низовых подстильно-гумусовых пожаров на изменения запасов, качественного фракционного состава лесных подстилок и их влагоемкости, а также водно-физических свойств почв. На вырубках и гарях увеличивается плотность сложения, снижается общая пористость, сужается диапазон активной влаги и уменьшается водоудерживающая способность верхних почвенных горизонтов. Приведены количественные показатели летнего жидкого и твердого поверхностных стоков, формирующихся на вырубках и гарях в лиственничных лесах Центрального Хангая и Восточного Хэнтэя. Антропогенная деструкция лесных экосистем неизбежно ведет к их деградации, на восстановление которых уходят многие десятилетия.

**Ключевые слова:** *водорегулирующие и почвозащитные функции горных лесов, водно-физические свойства почв, поверхностный жидкий и твердый сток.*

DOI: 10.15372/SJFS20180305

### ВВЕДЕНИЕ

Леса в Монголии занимают площадь 12.9 млн га и приурочены к горным районам северной ее части (Хангайское и Хэнтэйское нагорья, горы Прихубсугуля). Исторически это относительно заселенные территории, здесь сосредоточены важные жизнеобеспечивающие производства страны, включая лесопромышленное и лесохозяйственное.

Между тем интенсивные антропогенные нагрузки в последние годы (нерациональные

рубки главного пользования, лесные пожары) приводят в ряде районов страны к ухудшению защитных функций лесных территорий, развитию ускоренной эрозии, потере лесорастительного потенциала почв.

Промышленное освоение лесов в Монголии началось в начале 60-х гг. XX в., и к середине 1980-х гг. объем лесозаготовок достиг 1.8–2.2 млн м<sup>3</sup> древесины в год (Савин, 1985). За последнюю четверть века заготовлено 29.2 млн м<sup>3</sup> древесины, а площадь вырубок увеличилась до 249.1 тыс. га (Доржсурэн, 2009). Лесозаготов-

ки ведутся в более доступных для транспорта участках леса с крутизной склонов до 20°–22°. Площадь лесосеки колеблется от 1 до 5 га. При бессистемной сплошной рубке и тракторной трелевке деревьев за комель эродированная поверхность вырубki составляет обычно 15–30 %, достигая порой 50–60 %. При этом уничтожается 70–90 % подроста (Коротков, Доржсурэн, 1983).

На территории Монголии лесные пожары возникают ежегодно. С 1975 по 2010 г. зарегистрировано 3270 пожаров на общей площади около 9.5 млн га. Преобладают низовые подстильно-гумусовые пожары. Основной причиной их возникновения являются степные пожары, переходящие в лесные массивы, неосторожное обращение населения с огнем и слабая противопожарная охрана лесов.

Данные хронологии лесных пожаров для шести участков сосновых лесов в Прихубсугулье свидетельствуют, что за последние 250 лет здесь оставили следы (пожарные подсушины) 56 лесных пожаров. Средний межпожарный интервал изменялся от 13.9 до 18.8 лет в горных подтаежных сосняках и увеличивался до 22.8 лет в долинных сосняках. Наименьший интервал между пожарами составил 4 года (Валендик и др., 1999). По данным Ч. Дугаржава (1996), в Монголии интервал между пожарами составляет в сосняках 9–20, в лиственничниках – 25–30 лет.

Многие исследователи считают, что пожары – один из мощных факторов, влияющих на развитие и функционирование лесных экосистем (Фуряев, 1996; Чевычелов, 1997; Krasnoshchekov, 2013 и др.).

Из комплекса выполняемых лесами средообразующих функций важное значение имеет водорегулирующая, проявляющаяся в уменьшении поверхностного стока и в переводе значительной его части во внутрпочвенные и грунтовые воды. Почвозащитная роль состоит в сохранении почв от разрушения жидким поверхностным стоком и в сохранении и улучшении их внутренних свойств (физических, гидрологических, противозерозионных).

Таким образом, водорегулирующие и почвозащитные функции леса тесно связаны друг с другом. Интенсивность проявления эрозионных процессов на горных склонах во многом определяется размерами поверхностного стока.

Водорегулирующие и почвозащитные функции выполняют все горные леса независимо от их географической приуроченности. Однако в разных природных условиях интенсивность их

проявления зависит как от таксационной и фитоценотической структуры насаждений, литолого-геоморфологического строения, условий тепло- и влагообеспеченности, так и от свойств почв, определяющих их устойчивость к эрозии.

Многочисленными исследованиями на территории России установлены основные показатели, характеризующие водорегулирующие и почвозащитные функции леса. Водорегулирующая деятельность леса проявляется в большей мере в весенний период во время таяния снега и стока талых вод. В ряде работ рассмотрена роль антропогенных факторов, в частности сплошнолесосечных рубок и лесных пожаров, в трансформации защитных функций леса (Молчанов, 1960; Коваль, 1979; Побединский, 1979; Лебедев, 1982; Рахманов, 1984; Казанкин, 2013 и др.).

В Монголии, несмотря на хорошую изученность географии и типологического разнообразия лесов (Коротков, 1978), роль антропогенных факторов в сукцессионной динамике лесных экосистем (Коротков, Доржсурэн, 1983; Доржсурэн, 2009 и др.) и их влияние на изменение средообразующих функций, в том числе водорегулирующих и почвозащитных, за редким исключением (Краснощеков, Гомбосурэн, 1988; Гомбосурэн, 1992), изучены слабо.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

При изучении водорегулирующей и почвозащитной роли леса использованы сравнительно-географический, сравнительно-аналитический и стационарные методы исследования. Территориальная схема проведения работ основывается на понятии высотно-поясного комплекса (ВПК) типов леса как таксона классификации лесного покрова зонального ранга и на диагностических признаках ВПК для гор Северной Монголии (Коротков, 1978).

В Центральном Хангае постоянные пробные площади (ПП) были заложены в лесах Тосон-Ценгельского лесничества Дзавханского лесхоза в лиственничном псевдотаежном ВПК типов леса. Все ПП расположены на склонах северной экспозиции в интервале абсолютных высот 1920–1950 м. В почвенном покрове распространены перегнойно-серогумусовые мерзлотные остаточно-карбонатные почвы (Krasnoshchekov, 2010).

ПП 3Л (контроль). Лиственничник (*Larix sibirica* Ledeb.) разнотравно-ритидиевый. Состав и возраст (лет) древостоя – 9Л(212)1Л(350);

средняя высота – 21.2 м; диаметр – 28.2 см; полнота – 1.20; класс бонитета – IV. Кустарниковый ярус не развит. Травяной ярус имеет проективное покрытие 16 %.

ПП 3В. Участок условно-сплошной вырубке 12-летнего возраста. Интенсивность рубки по запасу 68 %. Недоруб имеет следующие таксационные показатели: состав и возраст (лет) – 10Л(250); средняя высота – 18.3 м; диаметр – 21.0 см; полнота – 0.30; класс бонитета – IV. Проективное покрытие травяного покрова 32 %.

ПП 6В. Участок сплошной вырубке 2-летнего возраста. Эродированная поверхность вырубке около 20 %.

ПП 3Г. Участок лиственничника разнотравно-ритидиевого, пройденного низовым пожаром высокой интенсивности 6-летней давности.

В Восточном Хэнтэ стационарные исследования проводились в таежных и подтаежных (травяных) лиственничных лесах в районе сомона Мунгэн-Морьт Центрального аймака.

ПП 10. Таежный лиственничный ВПК (абс. отм. 1650 м). Лиственничник (*Larix sibirica* Ledeb.) рододендроновый бруснично-моховой. Состав и возраст (лет) древостоя – 8Л(150–180)2Л(80–90); средняя высота – 18.2 м; диаметр – 27.4 см; полнота – 0.64; класс бонитета – IV. Проективное покрытие мохового покрова 60 %. Почва – криозем грубогумусовый типичный.

В подтаежном лиственничном ВПК все опытные участки расположены на склонах северных румбов в интервале высот 1500–1550 м над ур. м. В почвенном покрове представлены серогумусовые типичные глубокомерзлотные почвы.

ПП 1Л (контроль). Лиственничник (*Larix sibirica* Ledeb.) разнотравный мезофитный. Состав и возраст (лет) древостоя – 9Л(300)1Л(130); средняя высота – 24.0 м; диаметр – 50.0 см; полнота – 0.80; класс бонитета – III. Проективное покрытие травяного покрова 60–85 %.

ПП 1В. Условно-сплошная вырубка 2-летней давности, интенсивностью 70 % по запасу. Недоруб имеет состав и возраст (лет) 10Л(300). Средняя высота – 24.0 м; диаметр – 40.0 см; полнота – 0.25; класс бонитета – III. Проективное покрытие травяного покрова 65–70 %.

ПП 4В. Сплошная вырубка 2-летней давности. Травяной покров имеет проективное покрытие 70 %. Эродированная поверхность вырубке около 15 %.

ПП 1Г. Участок лиственничника разнотравного, пройденного низовым пожаром высокой

интенсивности 12-летней давности. Возобновление березой удовлетворительное, лиственницей – неудовлетворительное. Проективное покрытие травяного покрова 50–75 %.

Закладка ПП, их лесоводственно-геоботаническая характеристика выполнены согласно методическим указаниям (Программа..., 1974). На ПП устанавливали давность и интенсивность пожара по высоте нагара (обугливания) на стволах деревьев, степени повреждения крон, полноте сгорания горючих материалов и др. (Курбатский, 1970). Снегомерные съемки проводили в период максимальных снегозапасов (II–III декада марта) перед началом снеготаяния с повторностью 20–30 измерений на каждой ПП (Лебедев, 1982). Отдельно измеряли снегозапасы на стоковых площадках. Для определения плотности снега использовали весовой снегомер. Запасы воды в снеге определяли как произведение величины мощности снега и его плотности. Учет запаса подстилки вели с помощью шаблона размером 0.5 × 0.5 м в 10-кратной повторности в пределах ПП. Подстилку разбирали на фракции, выделяя активную и неактивную части. Влагоемкость лесной подстилки определяли по А. А. Молчанову (1960). Гранулометрический состав и водно-физические свойства почв выполнены общепринятыми методами (Вадюнина, Корчагина, 1986). Жидкий и твердый поверхностный сток определяли объемным методом (Швебс, 1974; Лебедев, 1982) на 28 стоковых площадках размером 12 м<sup>2</sup> каждая. Названия почв даны по работе (Шишов и др., 2004).

Для статистической обработки данных и построения зависимостей использовали компьютерные программы Excel 2013 и Statistica 10. Все полученные коэффициенты и уравнения достоверны на уровне значимости  $\alpha = 0.05$ , общепринятом в практике биологических исследований.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

*Снежный покров и талый поверхностный сток.* В условиях Северной Монголии при малых количествах осадков в зимний период (в Хангае – 5–12 %, в Хэнтэе – 5–22 % от годовой суммы) важная роль в формировании и накоплении снега принадлежит лесным массивам.

Распределение снежного покрова по высоте под пологом леса обусловлено рядом факторов. Основные из них: породный состав, сомкнутость крон, выраженность микро- и мезорельефа, направление и скорость ветра. Древостои одной формации, но относящиеся к разным ти-

пам леса и отличающиеся по составу, возрасту и полноте, могут характеризоваться различными показателями высоты снежного покрова. Отсутствие у лиственницы хвои способствует проникновению большего количества снега под ее полог (Поздняков, 1963).

Результаты снегомерной съемки перед началом таяния снега в псевдотаежном лиственничном ВПК показали, что максимальная мощность снега под пологом леса в зависимости от таксационных показателей насаждений изменяется от 18 до 36 см, а запасы воды в снеге – от 30 до 58 мм. Высота снежного покрова на вырубках ниже, чем в лесу, на 1–4 см, а запас воды в снеге – на 9–24 %.

В Восточном Хэнтэе в таежном лиственничном ВПК в рододендроновых бруснично-моховых типах леса мощность снежного покрова изменяется от 8 до 18 см, запас воды в снеге – от 9.6 до 36 мм.

В подтаежном ВПК в лиственничниках разнотравных (мезофитных) высота снега обычно составляет 12–20 см, запас воды в снеге – 11–33 мм.

На вырубках средняя высота снега ниже, чем в лесу, на 1–5 см, запас воды – на 8–10 %, однако на отдельных участках лесосеки условно-сплошной вырубки (под куртинами недоруба, а также подростом лиственницы) высота снега выше, чем в лесу, на 7–9 см.

Низкие снегозапасы характерны для горельников. В отдельные годы снежный покров здесь в результате метелевого переноса полностью отсутствует на открытых участках, а в куртинах березовых и осиновых молодняков достигает 12 см.

Таким образом, лиственничные леса в Монголии в условиях малоснежных зим являются накопителями снега и могут существенно влиять на пополнение весенних влагозапасов и режим влажности почв.

Весной в результате таяния снега за короткий срок образуется большое количество воды, которая из-за слабой водопроницаемости мерзлой почвы не поглощается и стекает по ее поверхности.

Установлено, что в период снеготаяния жидкий поверхностный сток в лесу наблюдается от 2 до 5, на пожарищах и на вырубках – от 4 до 9 дней. В лесу сток начинается на 2–4 дня позднее, чем на вырубках и гарях. Величина стока за весь период снеготаяния в лесу на условно-сплошной (ПП 3В) и сплошной (ПП 4В) вырубках, а также на гарях показана в табл. 1.

Таким образом, весной в период таяния снега жидкий поверхностный сток в псевдотаежном лиственничнике составляет не более 0.3–0.8 % от суммы осадков, на вырубках и гарях он увеличивается до 4–17, а в отдельных случаях до 25 %. В подтаежных лиственничниках Восточного Хэнтэя жидкий поверхностный сток колеблется от 0.2–0.5 до 4.5–7.9 %. Очень высокие размеры поверхностного стока характерны для магистральных трелевочных волоков – 10.5–72.5 % от суммы осадков. На гари величина стока за весь период снеготаяния составила 2.0–15.0 % от суммы осадков.

*Лесная подстилка и ее трансформация под влиянием антропогенных факторов.* Особая роль в проявлении защитных функций леса принадлежит лесной подстилке, защитные свойства которой определяются ее мощностью, запасом и влагоемкостью. Известна широкая изменчивость запасов подстилки, обусловленная типологическим разнообразием насаждений, различиями физико-географических условий среды (Молчанов, 1960; Поздняков, 1963; Bogatyrev, 1996 и др.).

Исследованиями установлено, что в псевдотаежных лиственничных лесах Центрального Хангая мощность подстилки изменяется от 3 до 6 см, запас – от 12.3 до 26.2 т/га (абс. сух. массы), а их влагоемкость – от 9.6 до 16.5 мм.

В Восточном Хэнтэе в таежном лиственничном ВПК мощность подстилки 5–9 см. Высокими запасами и влагоемкостью (24.6–33.0 т/га и 13.4–18.3 мм соответственно) характеризуются подстилки багульниково-бруснично-зеленомошных лиственничников. В рододендроновых и рододендроново-зеленомошных лиственничниках запас подстилок изменяется в пределах 12.3–18.4 т/га, влагоемкость – 6.4–8.6 мм.

В подтаежных лиственничных лесах мощность подстилки в зависимости от типа леса 1–3 см, запасы – 6.2–16.8 т/га, влагоемкость – 5.1–7.4 мм. Такое количество воды, удерживаемое подстилкой, может существенно влиять на водный режим почв, особенно на формирование склонового поверхностного стока.

Как показали исследования, в таежном и подтаежном лиственничном ВПК в Восточном Хэнтэе на несплошных вырубках мощность подстилки обычно составляет 1–3 см при запасе 2.1–6.4 т/га. В псевдотаежном лиственничном ВПК в Центральном Хангае на старых сплошных вырубках мощность подстилки 1 см, запас – 3.0–4.2 т/га. Наиболее значительное варьирование мощности и запасов подстилки отмечено

Таблица 1. Талый поверхностный сток в лиственных лесах Монголии

Номер ПП	Крутизна, градусы	Период стока, дни	Запас воды в снеге, мм	Сток, мм	Коэффициент стока
<i>Центральный Хангай</i>					
3Л	5	2	$\frac{24.0-30.0}{27.0}$	$\frac{0.04-0.13}{0.09}$	$\frac{0.002-0.004}{0.003}$
	15	2	$\frac{24.0-30.0}{27.0}$	$\frac{0.18-0.24}{0.21}$	$\frac{0.007-0.008}{0.0077}$
3В	5	4	$\frac{26.0-33.6}{29.8}$	$\frac{1.50-2.22}{1.81}$	$\frac{0.057-0.066}{0.060}$
	15	4	$\frac{26.0-33.6}{29.8}$	$\frac{1.74-8.34}{5.04}$	$\frac{0.066-0.248}{0.169}$
3Г	5	6	$\frac{24.0-30.0}{27.0}$	$\frac{0.56-1.42}{0.99}$	$\frac{0.02-0.05}{0.037}$
	13	6	$\frac{24.0-30.0}{27.0}$	$\frac{0.80-1.78}{1.29}$	$\frac{0.03-0.06}{0.048}$
<i>Восточный Хэнтэй</i>					
10	5	4–5	$\frac{9.6-36.0}{21.7}$	$\frac{0.03-0.34}{0.16}$	$\frac{0.002-0.009}{0.007}$
	20	4–5	$\frac{9.6-36.0}{21.7}$	$\frac{0.08-0.44}{0.25}$	$\frac{0.003-0.016}{0.011}$
1Л	5	4	$\frac{11.2-24.0}{17.6}$	$\frac{0.02-0.11}{0.07}$	$\frac{0.002-0.005}{0.0039}$
	20	4	$\frac{12.6-38.0}{25.3}$	$\frac{0.09-3.00}{1.54}$	$\frac{0.045-0.079}{0.062}$
4В Неповрежденная часть лесосеки	15	9	$\frac{25.8-28.8}{27.3}$	$\frac{1.40-8.90}{5.20}$	$\frac{0.054-0.309}{0.190}$
Магистральный волок	15	5–7	$\frac{23.8-32.4}{28.1}$	$\frac{2.50-23.50}{13.08}$	$\frac{0.105-0.725}{0.465}$
1Г	5	7	$\frac{24.0-25.8}{24.4}$	$\frac{1.62-2.80}{2.34}$	$\frac{0.044-0.117}{0.096}$
	15	7	$\frac{38.0-51.3}{44.2}$	$\frac{4.10-7.70}{6.28}$	$\frac{0.107-0.150}{0.142}$

*Примечание.* В Центральном Хангае наблюдения проводились 2 года, в Восточном Хэнтэе – 3. Здесь и в табл. 4: числитель – пределы колебаний, знаменатель – среднее значение.

на горях. Даже на 6–12-летних горях мощность подстилки не превышает 1–2 см, запас изменяется от 0.5 до 2.6 т/га.

Изучение фракционного состава подстилок в таежных и псевдотаежных лиственных лесах показало, что преобладающей фракцией здесь являются хвоя и мхи: 20–35 и 40–65 % соответственно. Фракция сучьев и шишек не превышает 3 %. В подтаежных разнотравных лиственных лесах фракция хвои составляет 48 %, сучьев – 2–13 %, присутствует фракция травы – 5–10 %.

В подстилках вырубок и гарей доля влагоемких фракций резко уменьшается, но увеличиваются грубые фракции (сучья, кора) – 20–50 и 6–20 % соответственно, что приводит к резкому снижению их водоудерживающей способности.

*Трансформация водно-физических свойств почв.* Нерациональная разработка лесосек с использованием тяжелой лесозаготовительной техники, а также пожары (независимо от интенсивности воздействия огня) приводят к ухудшению водно-физических свойств почв и резкому изменению защитных функций лесных экосистем.

Гранулометрический состав определяет основные физические и водные свойства почв и имеет большое противоэрозионное значение. В Центральном Хангае перегнойно-сероугумусовые мерзлотные почвы опытных участков по гранулометрическому составу относятся к хрящевато-легкосуглинистой разновидности (табл. 2).

Таблица 2. Гранулометрический состав почв опытных участков

Горизонт	Глубина, см	Доля частиц диаметром, мм, %						
		1–0.25	0.25–0.05	0.05–0.01	0.01–0.005	0.005–0.001	< 0.001	< 0.01
<i>Центральный Хангай</i>								
ПП 3Л								
AYh	10–18	15	42	13	9	5	16	30
Cf	20–30	13	57	8	1	7	14	22
CfC	35–45	15	55	8	5	3	14	22
Cca	55–65	12	57	10	2	5	14	21
Cca	70–80	32	35	15	1	2	15	18
ПП 3В								
AYh	1–9	15	37	23	2	10	13	25
Cf	9–14	14	43	18	6	5	14	25
CfC	20–30	11	54	13	2	4	16	22
Cca	40–50	18	39	25	2	2	14	18
Cca	70–80	30	35	18	1	4	12	17
ПП 6В								
AYh	1–10	15	37	23	4	6	16	26
Cf	20–30	15	42	18	5	5	15	25
CfC	40–50	24	42	12	1	7	14	22
Cca	60–70	10	77	3	1	1	8	10
Cca	80–90	48	27	14	3	1	7	11
ПП 3Г								
AYh pir	1–3	22	24	32	6	4	12	22
Cf	3–12	21	35	20	5	4	15	24
CfC	15–25	20	43	18	3	7	9	19
Cca	35–45	24	46	18	1	2	9	12
Cca	75–85	9	66	15	1	3	6	10
<i>Восточный Хэнтэй</i>								
ПП 10								
CR	20–30	3	19	49	4	7	18	29
CR	40–50	4	28	55	1	1	11	13
C	80–90	3	30	56	1	1	9	11
ПП 1Л								
AY	2–10	17	10	36	4	14	19	37
AYC	10–20	20	19	28	3	12	18	33
Ct	40–50	18	41	19	14	2	7	23
C	60–70	39	24	16	6	2	13	21
C	100–110	33	36	15	6	2	8	16
ПП 1В								
AY	1–11	20	24	21	8	7	20	35
AYC	20–30	21	14	36	6	6	17	29
Ct	50–60	32	38	13	2	10	5	17
C	80–90	41	36	10	4	3	6	13
ПП 4В								
AY	1–10	21	17	29	8	10	15	33
AYC	20–30	18	14	31	7	18	12	37
Ct	35–45	16	18	35	6	11	14	31
C	50–60	19	22	35	12	2	10	24
ПП 1Г								
AY pir	1–7	22	19	27	9	3	20	32
Ct	10–30	21	20	22	6	13	18	37
CtC	40–50	49	23	11	1	4	12	17
C	60–70	53	23	11	2	2	9	13
C	80–90	57	23	7	1	2	10	13

Распределение различных фракций по профилю почв неравномерное, что связано с неоднородностью мелкоземистых образований. Видно, что явного перемещения ила не происходит, а наблюдается обогащение им поверхностных горизонтов. В составе мелкозема преобладающей фракцией является мелкий песок.

В Восточном Хэнтэе в криоземах в гор. СР в отличие от рассмотренных почв наличествуют хорошо отмытые прослойки щебня и дресвы, в них полностью отсутствует мелкозем и есть пустоты, по которым осуществляется внутрпочвенный сток. Ниже, в гор. С, промежутики между щебнем и дресвой заполнены тиксотропной супесью. Содержание физической глины и ила максимально в верхнем минеральном горизонте.

Серогумусовые глубокомерзлотные почвы опытных участков в Восточном Хэнтэе относятся к хрящевато-среднесуглинистым. В составе мелкозема в горизонте АУ во всех разрезах преобладает фракция крупной пыли. Характерны уменьшение содержания физической глины с глубиной и увеличение песчаных фракций.

В целом для профилей изученных почв свойственны облегчение гранулометрического состава с глубиной, высокое содержание ила и физической глины в верхних горизонтах. В составе мелкозема преобладают крупнопылеватая и мелкопесчаная фракции.

В перегнойно-серогумусовых почвах плотность твердой фазы мелкозема изменяется от 1.43–2.55 г/см<sup>3</sup> в верхних до 2.33–2.77 г/см<sup>3</sup> в нижних горизонтах (табл. 3).

Таблица 3. Водно-физические свойства почв

Глубина, см	Плотность, г/см <sup>3</sup>		Пористость, %		МГ	ВЗ	НВ	ДАВ
	твердой фазы	сложения сухой почвы	общая	азрации при НВ				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Центральный Хангай</i>								
ПП 3Л								
0–5	1.43	0.11	92.0	66.6	5.8	10.2	25.4	15.2
5–10	1.99	0.33	83.1	62.6	5.4	8.1	20.5	12.4
10–20	2.35	1.14	51.3	30.8	4.5	6.7	20.5	13.8
20–30	2.54	1.40	45.5	25.5	3.8	5.7	20.0	14.3
30–40	2.54	1.56	39.0	21.5	3.7	5.5	17.5	12.0
40–50	2.35	1.46	38.2	19.2	3.2	4.8	19.0	14.2
0–20	–	–	–	–	15.7	25.0	66.4	41.4
20–50	–	–	–	–	10.7	16.0	36.5	40.5
0–50	–	–	–	–	26.4	41.0	102.9	81.9
ПП 3В								
0–5	1.52	0.28	81.4	59.1	6.6	9.9	22.3	12.4
5–10	2.39	0.79	67.2	47.2	6.4	9.6	20.0	10.4
10–20	2.55	1.24	45.0	26.8	4.7	7.0	18.2	11.2
20–30	2.55	1.42	44.5	26.4	4.5	6.7	18.1	11.4
30–40	2.53	1.46	42.7	24.7	4.8	7.2	18.0	10.8
40–50	2.53	1.46	42.1	23.7	5.4	8.1	18.4	10.3
0–20	–	–	–	–	17.7	26.5	60.5	34.0
20–50	–	–	–	–	14.7	22.0	54.5	32.5
0–50	–	–	–	–	32.4	48.5	115.0	66.5
ПП 6В								
0–5	1.93	0.82	58.0	37.9	6.2	9.3	20.1	10.8
5–10	2.08	0.87	57.7	38.1	5.9	8.8	19.6	10.8
10–20	2.54	1.10	57.0	34.1	5.6	8.4	15.9	7.5
20–30	2.36	1.13	52.1	39.0	5.0	7.5	13.1	5.6
30–40	2.36	1.13	52.0	39.0	4.0	6.0	13.0	7.0
40–50	2.36	1.26	47.0	30.1	3.7	5.6	16.9	1.3
0–20	–	–	–	–	17.7	26.5	55.6	29.1
20–50	–	–	–	–	12.7	19.1	43.0	13.9
0–50	–	–	–	–	30.4	45.6	98.6	43.0

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Восточный Хэнтэй</i>								
ПП 1Л								
0–5	2.08	0.36	82.9	49.1	7.4	11.0	33.8	22.8
5–10	2.27	0.80	64.9	29.1	7.4	11.0	35.8	24.8
10–20	2.51	1.14	54.9	31.5	6.1	9.2	23.4	14.2
20–30	2.54	1.29	48.8	29.7	5.2	7.7	19.1	11.4
30–40	2.48	1.32	47.0	28.1	4.6	6.9	18.9	12.0
40–50	2.44	1.36	43.9	24.9	2.7	4.1	19.0	14.9
0–20	–	–	–	–	20.9	31.2	93.0	61.8
20–50	–	–	–	–	12.5	18.7	57.0	38.3
0–50	–	–	–	–	33.4	49.9	150.0	100.1
ПП 1В								
0–5	2.11	0.50	76.0	47.0	8.6	12.9	29.0	16.1
5–10	2.30	0.88	61.0	34.8	8.1	12.1	26.2	14.1
10–20	2.33	1.13	50.9	29.9	6.9	10.3	21.0	10.7
20–30	2.39	1.27	46.9	32.4	4.7	7.1	14.5	7.4
30–40	2.38	1.35	42.9	30.6	4.7	7.1	12.3	5.2
40–50	2.41	1.38	42.9	31.5	2.8	4.1	11.4	7.3
0–20	–	–	–	–	23.6	35.3	76.2	40.9
20–50	–	–	–	–	12.2	18.3	38.2	19.9
0–50	–	–	–	–	35.8	53.6	114.4	60.8
ПП 4В								
0–5	2.24	0.97	56.6	26.1	10.9	16.4	30.5	14.1
5–10	2.41	1.13	52.9	22.5	10.5	15.7	30.4	14.7
10–20	2.45	1.22	50.1	29.2	7.2	10.7	20.9	10.2
20–30	2.53	1.38	49.4	18.6	9.2	13.8	30.8	17.0
30–40	2.61	1.37	47.5	20.4	7.3	10.8	27.1	16.3
40–50	2.50	1.33	46.8	23.4	6.4	9.6	23.4	13.8
0–20	–	–	–	–	28.6	42.8	81.8	39.0
20–50	–	–	–	–	22.9	34.2	81.3	47.1
0–50	–	–	–	–	51.5	77.0	163.1	86.1
ПП 1Г								
0–5	2.18	0.71	67.0	41.1	4.1	6.2	25.9	19.7
5–10	2.37	0.92	58.9	35.0	3.2	4.9	23.9	19.0
10–20	2.38	1.20	48.9	29.7	3.7	5.5	19.2	13.7
20–30	2.40	1.27	46.9	32.2	3.2	4.7	14.7	10.0
30–40	2.53	1.32	48.0	33.4	2.6	4.0	14.6	10.6
40–50	2.55	1.34	47.0	32.4	1.5	2.3	14.6	12.3
0–20	–	–	–	–	11.0	16.6	69.0	52.4
20–50	–	–	–	–	7.3	11.0	43.9	32.9
0–50	–	–	–	–	18.3	27.6	112.9	85.3

*Примечание.* МГ – максимальная гигроскопическая влажность; ВЗ – влажность завядания; НВ – наименьшая влагоемкость; ДАВ – диапазон активной влаги.

Верхние горизонты серогумусовых почв характеризуются плотностью твердой фазы 2.08–2.24 г/см<sup>3</sup>, а нижние – 2.39–2.76 г/см<sup>3</sup>. Отмечается увеличение плотности твердой фазы вниз по профилю, что связано с неоднородностью его гранулометрического и минералогического состава.

Под пологом леса очень низкими значениями плотности сложения отличается 0–5-сантиметровый слой почв – 0.11–0.36 г/см<sup>3</sup>. В слое 5–20 см плотность сложения мелкозема 0.33–1.14 г/см<sup>3</sup>. На вырубках в Центральном Хангае плотность сложения 0–5-сантиметрового слоя почв увеличивается до 0.28–0.82 г/см<sup>3</sup>, а слоя

5–20 см – до 0.87–1.24 г/см<sup>3</sup>, в Восточном Хэнтэе эти величины соответственно равны 0.50–0.97 и 0.88–1.22 г/см<sup>3</sup>.

При увеличении плотности почв на вырубках их общая пористость снижается. Так, если в верхнем слое 0–5 см на контрольном участке (ПП 3Л) она равна 92 %, 5–20 см – 83–51 %, то на вырубках – 81–58 и 72–45 % соответственно. В подтаежном лиственничнике (ПП 1Л) общая пористость почвы в слое 0–5 см составляет 83 %, в слое 5–20 см – 64–55, а на вырубках – 76–56 и 61–50 % соответственно.

Пористость аэрации как в почвах под пологом леса, так и на вырубках разной интенсивности высокая. В слое 0–20 см в почвах под лесом пористость аэрации при НВ несколько выше, чем в почвах вырубков.

В изученных почвах распределение максимальной гигроскопической влаги (МГ) и влажности завядания (ВЗ) по профилю тесно коррелирует с гранулометрическим составом мелкозема. Максимальное содержание этих категорий влаги приурочено к верхним горизонтам, где сконцентрировано наибольшее количество илистых частиц, а также гумуса.

Наименьшая влагоемкость (НВ) имеет большое значение для характеристики влагообеспеченности насаждений и является важной гидрологической константой почв.

Исследованиями выявлено, что водоудерживающая способность перегнойно-серогумусовой почвы в лесу при глубине сезонного оттаивания мерзлоты 150–160 см в слое 0–20 см составляет 43 мм. На вырубках в зависимости от их интенсивности она изменяется от 35 до 43 мм. В серогумусовой почве под пологом леса НВ в слое 0–20 см составляет 58 мм, на вырубках – 44–51 мм. Ниже по профилю почв величина НВ несколько снижается и изменяется незначительно.

Вычисление запасов некоторых категорий влаги показало, что на вырубках диапазон активной влаги (ДАВ) сужается. По сравнению с почвой под лесом запасы доступной влаги в почве на сплошных вырубках в слое 0–20 см ниже на 34–36 %.

Значительные изменения плотности сложения и общей пористости почв отмечены на лесных участках, пройденных низовыми подстилочно-гумусовыми пожарами. По сравнению с лесом, где плотность сложения слоя почвы 0–5 см равна 0.42 г/см<sup>3</sup>, на гари она увеличилась до 0.85 г/см<sup>3</sup>, а общая пористость снизилась от 80 до 60 % (см. табл. 3). Следует отметить,

что на старых гарях относительно высокие показатели плотности сложения и низкие общей пористости связаны в большей мере с проявлением на горных склонах педотурбационных и деструктивных процессов.

На гари по сравнению с лесом диапазон активной влаги (НВ–ВЗ) в слое 0–20 см ниже на 15 %, чем в этом же слое почвы под пологом леса.

Изменение физических и водно-физических свойств почв на вырубках и гарях приводит к ухудшению водопроницаемости почв – одной из важных почвенно-гидрологических характеристик, влияющей на размеры поверхностного стока. Величина инфильтрационной способности почв тесно связана с характером растительности, гранулометрическим составом и водно-физическими свойствами почв.

В лиственничных лесах Центрального Хангайя перегнойно-серогумусовые мерзлотные почвы при глубине оттаивания мерзлоты к концу вегетационного периода 140–150 см обладают водопроницаемостью 14.2–20.3 мм/мин.

Результаты исследований, проведенных на вырубках разной интенсивности и давности, показали, что очень низкими инфильтрационными свойствами обладают почвы на магистральных трелевочных волоках свежих вырубков – 0.15–0.25 мм/мин. Плохие инфильтрационные свойства почв сохраняются здесь длительное время. На пасечных волоках ухудшение водопроницаемости почв происходит на 3–5-й год после рубки, что связано с уплотнением почвы и заиливанием почвенных пор. Улучшение инфильтрационных свойств почв наблюдается только через 8–10 лет после рубки при условии восстановления лесной растительности. На гари 6-летней давности водопроницаемость почв равна 1.7 мм/мин.

Водопроницаемость серогумусовых почв в Восточном Хэнтэе в лесу равна 28.5–32.4 мм/мин, на свежих гарях она уменьшается до 1.3–6.5 мм/мин. На гарях 10–12-летнего возраста почвы обладают низкими показателями инфильтрации – 1.8–2.2 мм/мин, а на гари 21-летнего возраста – 3.2 мм/мин. В данном случае относительно плохая водопроницаемость почв на старых гарях связана с большой эродированной поверхностью почв и не восстановившимися к этому времени физическими и водно-физическими их свойствами.

Таким образом, рубки леса и лесные пожары резко ухудшают водно-физические свойства почв. Это проявляется в увеличении плотности

сложения, ухудшении общей пористости, сужении диапазона активной влаги и уменьшении водоудерживающей способности верхних почвенных горизонтов.

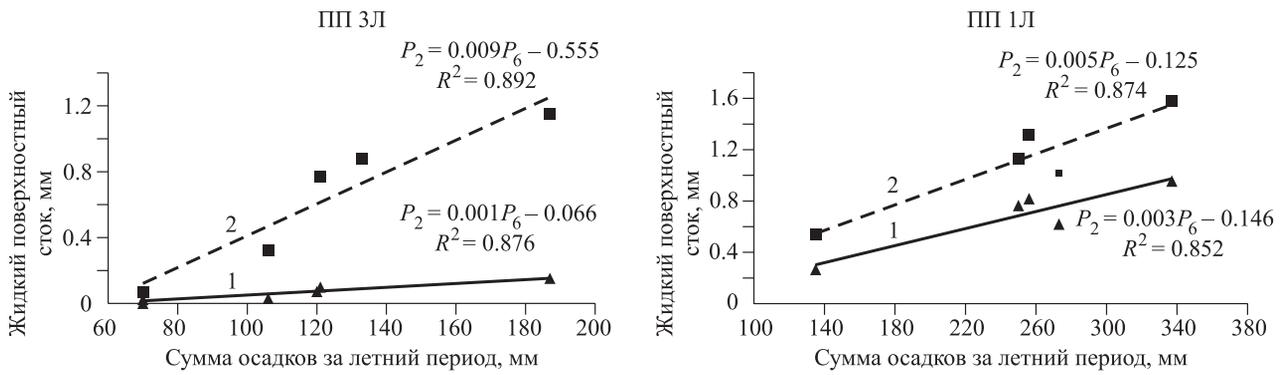
*Летний поверхностный жидкий и твердый сток.* Экспериментально установлено, что в летний период дожди слоем до 5 мм под пологом лиственничных лесов поверхностного стока не образуют. Основными стокообразующими

являются дожди средней интенсивности (слоем более 10 мм) и ливневого характера. От общего количества дождей, зарегистрированных в летний период в годы наблюдений, на стокообразующие приходится 10–25 %.

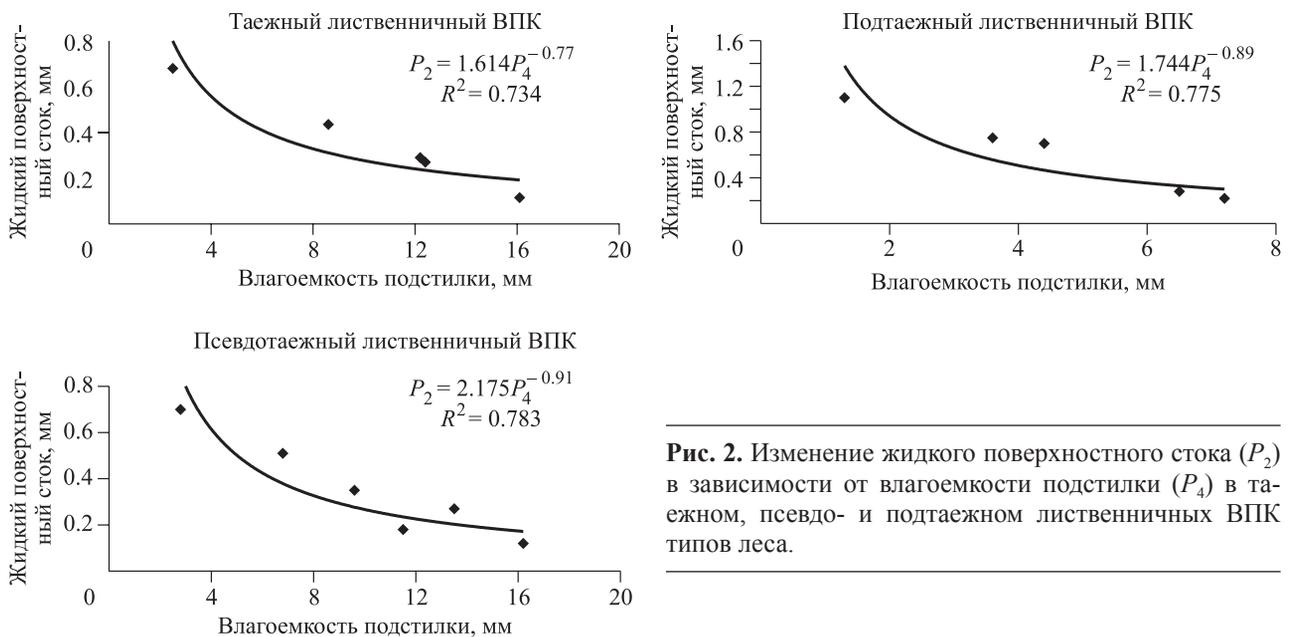
В летний период под пологом леса жидкий поверхностный сток характеризуется очень малыми величинами и не превышает 0.6 % от суммы осадков (табл. 4).

**Таблица 4.** Летний поверхностный сток в лиственничных лесах Монголии

Номер ПП	Количество лет наблюдений	Крутизна, градусы	Осадки, мм	Жидкий сток, мм	Коэффициент стока	Модуль твердого стока, т/км <sup>2</sup>	Эрозионный коэффициент
<i>Центральный Хангай</i>							
ЗЛ	4	5	$\frac{70-187}{121}$	$\frac{0.023-0.152}{0.099}$	$\frac{0.0003-0.0014}{0.0008}$	$\frac{0.0007-0.029}{0.011}$	$9 \times 10^{-7}-55 \times 10^{-6}$
		15	$\frac{70-187}{121}$	$\frac{0.068-0.242}{0.163}$	$\frac{0.0009-0.0015}{0.0013}$	$\frac{0.015-0.057}{0.033}$	$38 \times 10^{-7}-65 \times 10^{-5}$
ЗВ	4	5	$\frac{70-187}{121}$	$\frac{0.730-2.028}{1.092}$	$\frac{0.004-0.017}{0.010}$	$\frac{0.038-0.289}{0.140}$	$2 \times 10^{-4}-27 \times 10^{-4}$
		15	$\frac{70-187}{121}$	$\frac{0.975-2.232}{1.341}$	$\frac{0.006-0.019}{0.012}$	$\frac{0.090-0.800}{0.390}$	$5 \times 10^{-4}-40 \times 10^{-4}$
6В Неповрежденная часть лесосеки	4	17	$\frac{56-200}{120}$	$\frac{0.450-1.625}{1.139}$	$\frac{0.007-0.013}{0.010}$	$\frac{0.17-1.16}{0.68}$	$12 \times 10^{-4}-24 \times 10^{-4}$
Магистральный волок	4	5	$\frac{56-200}{120}$	$\frac{0.256-1.375}{0.864}$	$\frac{0.006-0.008}{0.007}$	$\frac{0.14-4.50}{1.87}$	$51 \times 10^{-4}-290 \times 10^{-4}$
	4	10	$\frac{56-200}{120\text{мм}}$	$\frac{0.427-1.772}{1.207}$	$\frac{0.008-0.016}{0.011}$	$\frac{7.04-56.50}{28.43}$	$60 \times 10^{-3}-305 \times 10^{-3}$
ЗГ	2	13	$\frac{70-120}{95}$	$\frac{0.838-2.040}{1.440}$	$\frac{0.012-0.017}{0.014}$	$\frac{0.76-4.04}{2.40}$	$16 \times 10^{-4}-208 \times 10^{-4}$
<i>Восточный Хэнтэй</i>							
10	3	5	$\frac{135-303}{231}$	$\frac{0.320-0.682}{0.478}$	$\frac{0.0017-0.0024}{0.0021}$	$\frac{0.009-0.048}{0.026}$	$18 \times 10^{-7}-23 \times 10^{-6}$
	3	20	$\frac{135-303}{231}$	$\frac{0.570-1.282}{0.974}$	$\frac{0.0035-0.0042}{0.0040}$	$\frac{0.120-0.220}{0.180}$	$24 \times 10^{-6}-85 \times 10^{-6}$
1Л	4	5	$\frac{135-337}{250}$	$\frac{0.567-0.956}{0.767}$	$\frac{0.0026-0.0042}{0.0031}$	$\frac{0.02-0.07}{0.04}$	$32 \times 10^{-5}-79 \times 10^{-5}$
		20	$\frac{135-337}{250}$	$\frac{0.729-1.582}{1.134}$	$\frac{0.0039-0.0054}{0.0045}$	$\frac{0.15-0.62}{0.34}$	$38 \times 10^{-5}-108 \times 10^{-5}$
4В Неповрежденная часть лесосеки	3	15	$\frac{135-303}{231}$	$\frac{0.783-1.594}{1.262}$	$\frac{0.0052-0.0058}{0.0055}$	$\frac{0.85-2.14}{1.44}$	$35 \times 10^{-4}-50 \times 10^{-4}$
Магистральный волок	3	15	$\frac{135-303}{231}$	$\frac{3.240-6.848}{5.496}$	$\frac{0.023-0.025}{0.024}$	$\frac{7.90-59.75}{36.62}$	$91 \times 10^{-4}-32 \times 10^{-3}$
1Г	4	5	$\frac{135-337}{250}$	$\frac{1.188-2.926}{2.231}$	$\frac{0.0087-0.0092}{0.0089}$	$\frac{0.65-2.80}{1.52}$	$48 \times 10^{-4}-110 \times 10^{-4}$
	4	15	$\frac{135-337}{250}$	$\frac{2.012-4.116}{3.482}$	$\frac{0.0124-0.0156}{0.0139}$	$\frac{5.12-14.05}{9.62}$	$83 \times 10^{-4}-126 \times 10^{-4}$



**Рис. 1.** Изменение жидкого поверхностного стока ( $P_2$ ) в зависимости от суммы летних осадков ( $P_6$ ) в псевдотаежном (ПП 3Л) при крутизне склона  $5^\circ$  (линия 1) и  $15^\circ$  (линия 2) и в подтаежном лиственничном ВПК (ПП 1Л) при крутизне склона  $5^\circ$  (линия 1) и  $20^\circ$  (линия 2).



**Рис. 2.** Изменение жидкого поверхностного стока ( $P_2$ ) в зависимости от влагоемкости подстилки ( $P_4$ ) в таетном, псевдо- и подтаежном лиственничных ВПК типов леса.

Выявлены зависимости между размерами поверхностного стока и суммой летних осадков в псевдо- и подтаежном лиственничном ВПК (рис. 1).

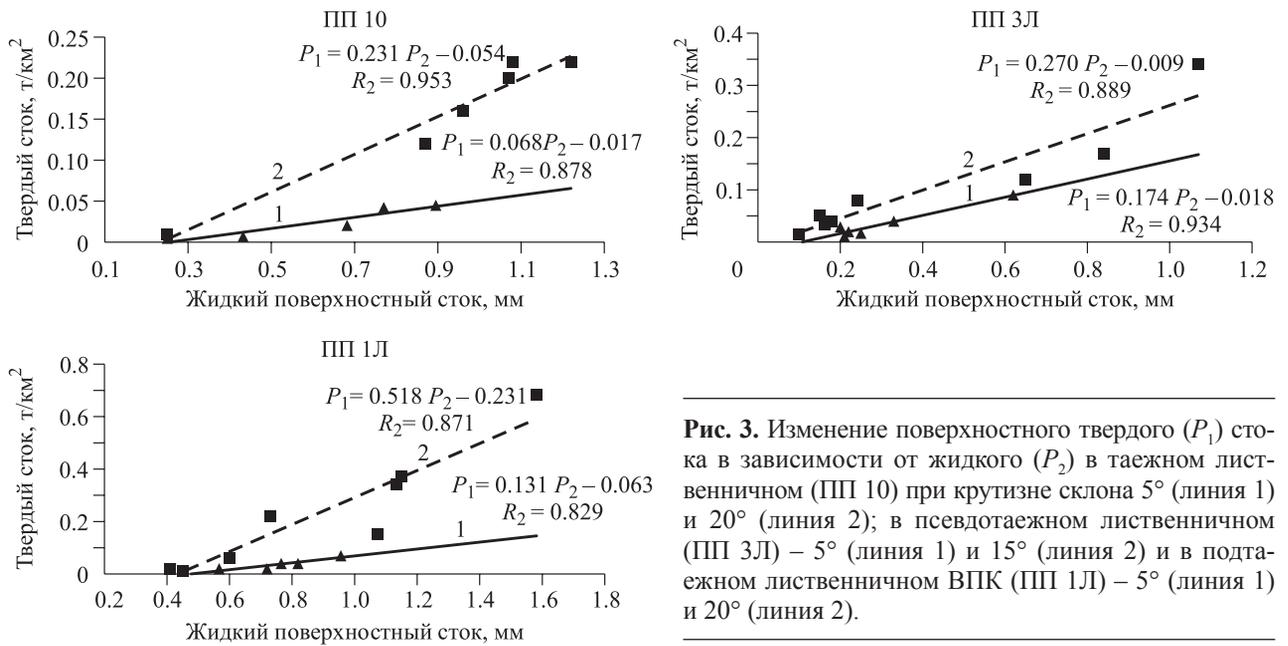
Помимо геоморфологических и гидроклиматических условий (крутизна, длина, экспозиция склона, сумма и интенсивность осадков и др.) большое влияние на формирование поверхностного стока оказывают и биогенные факторы. Ранее в качестве ключевых переменных нами использовались проективное покрытие живого напочвенного покрова и полнота древостоев (Krasnoshchekov, 2013). Установлено, что наряду с этими показателями в качестве информативной переменной можно использовать и влагоемкость ( $P_4$ ) подстилки. Для всех рассматриваемых ВПК использование влагоемкости лесной подстилки вполне достаточно ( $R^2 = 0.734-0.783$ ), хотя до-

стоверно объясняет далеко не всю изменчивость формирования поверхностного стока (рис. 2).

В Центральном Хангае (ПП 3Л) модуль твердого стока в лесу в теплый период в зависимости от крутизны склона изменяется от 0.0007 до 0.057 т/км<sup>2</sup>, эрозионный коэффициент – от  $9 \times 10^{-7}$  до  $65 \times 10^{-5}$ , в Восточном Хэнтэе в таетном лиственничнике (ПП 10) соответственно от 0.009 до 0.220 т/км<sup>2</sup> и от  $18 \times 10^{-7}$  до  $85 \times 10^{-6}$ , в подтаежном (ПП 1Л) – от 0.02 до 0.62 т/км<sup>2</sup> и от  $32 \times 10^{-5}$  до  $108 \times 10^{-5}$  (см. табл. 4).

Зависимости между твердым ( $P_1$ ) и жидким ( $P_2$ ) поверхностными стоками в изученных лиственничных лесах при разной крутизне склона представлены на рис. 3.

Прямые пересекают ось абсцисс в точке  $P_1 = 0$  и  $P_2 > 0$ . Четко просматривается пороговый эффект возникновения твердого стока с определен-



**Рис. 3.** Изменение поверхностного твердого ( $P_1$ ) стока в зависимости от жидкого ( $P_2$ ) в таежном лиственничном (ПП 10) при крутизне склона  $5^\circ$  (линия 1) и  $20^\circ$  (линия 2); в псевдотаежном лиственничном (ПП 3Л) –  $5^\circ$  (линия 1) и  $15^\circ$  (линия 2) и в подтаежном лиственничном ВПК (ПП 1Л) –  $5^\circ$  (линия 1) и  $20^\circ$  (линия 2).

ных для каждого ВПК значений  $P_{2\text{порог}} > 0$ . Так, в таежных лиственничных лесах твердый сток в зависимости от крутизны склона возникает при  $P_2 > 0.2$  мм, в псевдотаежных – при  $P_2 > 0.1$  мм, в подтаежных – при  $P_2 > 0.4$  мм, что связано с разной влагоудерживающей способностью лесных подстилок и водно-физическими свойствами почв. Немаловажным фактором является также величина перехвата жидких осадков пологом древостоев. В Центральном Хангае лиственничные насаждения в зависимости от таксационных и биометрических показателей перехватывают в летний период в среднем 13–29 %, в Восточном Хэнтэе – 19 % осадков (Краснощечков, Гомбосурэн, 1988). Роль крон насаждений заключается в задержании осадков, ослаблении кинетической энергии капель, а перехваченные осадки испаряются и не участвуют в формировании жидкого поверхностного стока.

На условно-сплошных вырубках величина жидкого поверхностного стока в зависимости от крутизны склона изменяется от 0.730 до 2.232 мм. Сток составляет 1.0–1.2 % от суммы осадков (см. табл. 4).

На свежих и 2-летних сплошных вырубках размеры поверхностного стока тесно связаны с площадью нарушенной тяжелой лесозаготовительной техникой поверхности вырубков. Так, если на неповрежденной части лесосек сплошных вырубков поверхностный сток на склонах крутизной  $15^\circ$ – $17^\circ$  изменяется в пределах 0.450–1.625 мм и составляет 0.5–1.3 % от суммы осадков, то на участках лесосеки крутизной  $10^\circ$ – $15^\circ$  с эродированной поверхностью 25–30 %

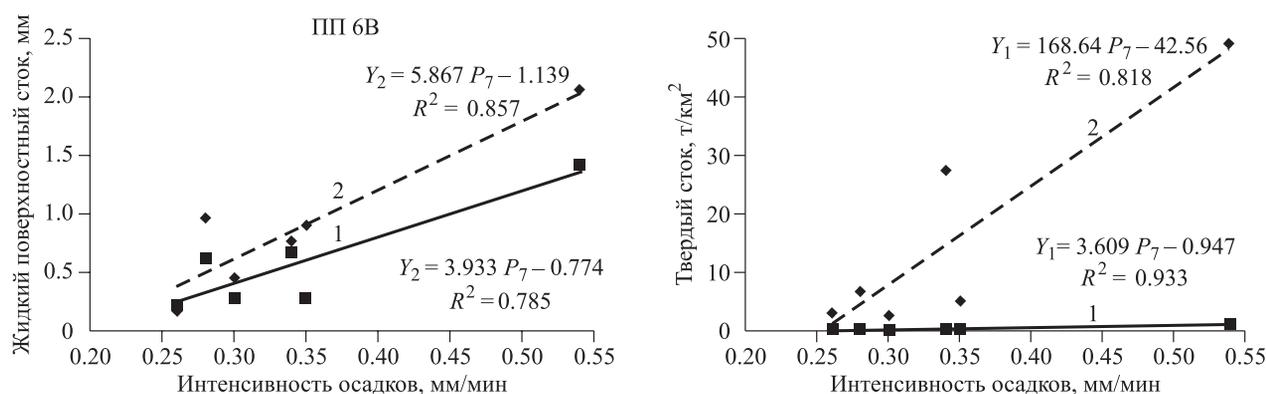
сток увеличивается до 2.160–4.280 мм и составляет 1.2–1.8 % от суммы осадков.

Относительно высокие величины стока на старых сплошных и условно-сплошных вырубках объясняются, по-видимому, высоким проективным покрытием почвы травянистой растительностью, ее запасом. Существенное влияние также оказывает насыщенность дернового горизонта почв корнями травянистой и кустарниковой растительности, увеличивающими его плотность (Коротков, Доржсурэн, 1983).

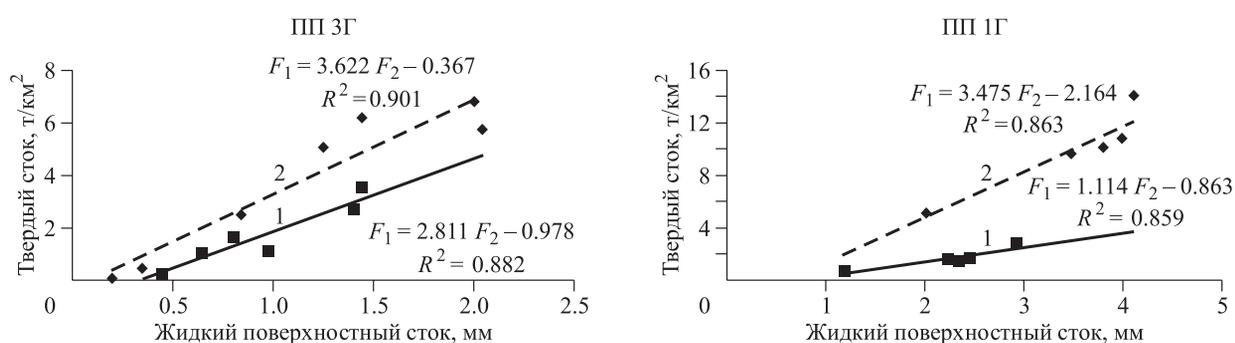
Наиболее высокие почворазрушительные процессы наблюдаются на трелевочных волоках свежих и 2-летних вырубков. Модуль твердого стока за летний период 56.5–59.75 т/км<sup>2</sup>. На четвертый год наблюдается резкий спад эрозионных процессов до 7.9 т/км<sup>2</sup>. Это связано с полным зарастанием волока травянистой растительностью, проективное покрытие которого к этому времени достигло 80 %.

Следует отметить, что эрозионные процессы на вырубках в лиственничных лесах Монголии выражены слабо. Это связано с небольшим увлажнением территории и быстрым зарастанием эродированных участков травянистой растительностью. Однако в летний период при ливневых дождях эрозионные процессы могут быть очень интенсивными (рис. 4).

Так, за один ливень (количество осадков 25.7 мм, интенсивность ливня 0.54 мм/мин) на трелевочном волоке вынос мелкозема составил 49.17 т/км<sup>2</sup>. На участке сплошной вырубки с нарушенным напочвенным покровом модуль твердого стока 1.06 т/км<sup>2</sup>.



**Рис. 4.** Изменение поверхностного жидкого ( $Y_2$ ) и твердого ( $Y_1$ ) стока в зависимости от интенсивности осадков ( $P_7$ ) на сплошной вырубке (ПП 6В): 1 – неповрежденная часть лесосеки при крутизне склона  $17^\circ$ , 2 – магистральный волок –  $10^\circ$ .



**Рис. 5.** Изменение поверхностного твердого стока ( $F_1$ ) в зависимости от жидкого ( $F_2$ ) на горах в псевдотаежном лиственничном (ПП 3Г при крутизне склона 1 –  $5^\circ$ , 2 –  $13^\circ$ ) и подтаежном лиственничном ВПК (ПП 1Г – 1 –  $5^\circ$ , 2 –  $15^\circ$ ).

Низовые подстилочно-гумусовые пожары, преобладающие в данном регионе, независимо от интенсивности огня приводят к уничтожению в разной степени живого напочвенного покрова и выгоранию поверхностных органогенных и грубогумусовых горизонтов почв. Это приводит к резкому ухудшению водно-физических свойств почв и возрастанию поверхностного жидкого и твердого стока. Так, в Центральном Хангае на горах с эродированной поверхностью 40–60 % поверхностный сток составляет 0.838–2.040 мм или 1.2–1.7 % от суммы осадков. Модуль твердого стока равен 0.76–4.04 т/км<sup>2</sup>. В Восточном Хэнтэ модуль твердого стока изменяется от 0.65 до 14.05 т/км<sup>2</sup>. Выявлены зависимости между поверхностным твердым ( $F_1$ ) и жидким ( $F_2$ ) стоками на горах в отдельных ВПК типов леса (рис. 5).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Лиственничные леса Монголии, занимая около 72 % лесопокрытой площади, в силу значительного гидрологического значения как по

объему формируемого стока, так и по хозяйственной роли являются едва ли не главнейшими в ряду наиболее эффективных и биосферно-значимых по способности стабилизировать и удерживать экологическое благополучие данной территории. Следует отметить, что в пределах Монголии находится 66 % водосборной площади бассейна р. Селенги, впадающей в уникальный пресноводный водоем Земли – оз. Байкал.

В Северной Монголии в отличие от горных лесов Сибири, в частности в Центральном Хангае и Восточном Хэнтэ, водорегулирующая роль леса наиболее четко выражена в теплый период года, когда выпадает основное количество осадков и формируется максимальный годовой сток рек.

Положительное водорегулирующее влияние лиственничных лесов имеет пределы. При ливневых и продолжительных дождях, а также высокой влажности талого слоя почв, близкой к полной влагоемкости, водорегулирующие свойства насаждений резко снижаются и могут не проявляться. К этому следует добавить высокую инфильтрационную способность талого слоя

почв, а также хорошо развитый внутрпочвенный надмерзлотный сток. Этим можно частично объяснить сравнительно быстрый подъем уровня воды в ручьях и реках в период максимального выпадения жидких осадков.

Интенсивность развития эрозионных процессов на вырубках во всех изученных типах леса тесно связана с технологией лесосечных работ. Эрозия почв на вырубках достигает максимальных величин, когда доля поврежденной почвы и живого напочвенного покрова на лесосеках превышает половину ее площади. Спад эрозионных процессов на вырубках происходит к 4–8-летнему возрасту при условии их успешного возобновления и зарастания травянистой растительностью.

Лесные пожары средней и высокой интенсивности при частичном или полном сгорании защитного растительного слоя резко ухудшают водно-физические свойства почв. На горячих почвах меньше способны поглотить избыток влаги, поэтому поверхностный сток возрастает в 3–15, а твердый – в десятки и сотни раз. Восстановление защитных функций леса растягивается на многие десятилетия.

Установлено, что с уменьшением лесистости водосборного бассейна на каждые 10 % рубками и лесными пожарами величина среднегодового поверхностного стока возрастает на 15–25 мм, подземный сток соответственно снижается на такую же величину. Это приводит к образованию неумеренно сильных паводков на реках и пересыханию малых ручьев и речек в период межени. По данным Министерства природы и окружающей среды Монголии (по состоянию на 2003 г.), за последнюю четверть века вследствие антропогенных и неблагоприятных природных факторов из ранее учтенных 5565 рек и ручьев 683 высохли (Доржсурэн, 2009).

В этот же период огнем были сильно нарушены лесные массивы (преимущественно водоохранно-защитные) как на территории Монголии, так и России в бассейне р. Селенги, поставляющей в озеро более половины речного стока. Сейчас пока трудно судить о причинно-следственной связи некоторых событий в природном комплексе бассейна оз. Байкал, хотя по времени они синхронны. Речь идет о понижении уровня воды в озере, а также о резком понижении уровня грунтовых вод на его побережье, последовавшем за современными крупными пожарами.

Для восстановления нарушенных лесных экосистем требуется проведение в большом объеме лесохозяйственных мероприятий на пло-

щади около 1.5 млн га – лесокультурных работ, содействующих естественному возобновлению, рубок ухода в молодняках, реконструкции хвойно-лиственничных насаждений. Первостепенное значение приобретает разработка программы охраны лесов от пожаров.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Богатырев Л. Г.* Образование подстилок – один из важнейших процессов в лесных экосистемах // Почвоведение. 1996. № 4. С. 501–511.
- Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А.* Методы исследований физических свойств почв. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.
- Валендик Э. Н., Иванова Г. А., Чулуунбаатар Ц.* Пожары в лесах Монголии // География и природ. ресурсы. 1999. № 2. С. 148–153.
- Гомбосурэн Н.* Водорегулирующая и почвозащитная роль подтаежных лиственничников Восточного Хэнтэя в Монголии: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 04.04.01.00. Улан-Батор: Монгольск. сельскохоз. ун-т, 1992. 24 с.
- Доржсурэн Ч.* Антропогенные сукцессии в лиственничных лесах Монголии. М.: Ин-т проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, 2009. 260 с. (Биол. рес. и природ. условия Монголии: тр. Совм. российско-монгольской компл. биол. экспед. Т. 50).
- Дугаржав Ч.* Лиственничные леса Монголии (современное состояние и воспроизводство): автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.03.03; 03.00.16. Красноярск: Ин-т леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 1996. 59 с.
- Казанкин А. П.* Экологическая роль горных лесов Кавказа. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. 366 с.
- Коваль И. П.* Гидрологическая и почвозащитная роль горных лесов // Горные леса. М.: Лесн. пром-сть, 1979. С. 41–56.
- Коротков И. А.* Типы леса Монгольской Народной Республики // Леса Монгольской Народной Республики (география и типология). М.: Наука, 1978. С. 47–121.
- Коротков И. А., Доржсурэн Ч.* Влияние рубок главного пользования леса на динамику фитоценозов псевдотаежных лиственничников // Леса Монгольской Народной Республики (лиственничные леса Центрального Хангая). Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1983. С. 51–73.
- Краснощечков Ю. Н., Гомбосурэн Н.* Водорегулирующая и почвозащитная роль подтаежных лиственничников // Леса Монгольской Народной Республики (лиственничные леса Восточного Хэнтэя). М.: Наука, 1988. С. 62–74.
- Курбатский Н. П.* Исследование количества и свойств лесных горючих материалов // Вопросы лесной пирологии. Красноярск: Ин-т леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР, 1970. С. 5–58.
- Лебедев А. В.* Гидрологическая роль горных лесов Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1982. 182 с.

- Молчанов А. А. Гидрологическая роль лесов. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 484 с.
- Побединский А. В. Водоохранная и почвозащитная роль лесов. М.: Лесн. пром-сть, 1979. 174 с.
- Поздняков Л. К. Гидроклиматический режим лиственных лесов Центральной Якутии. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 146 с.
- Программа и методика биогеоценологических исследований / Отв. ред. Н. В. Дылис. М.: Наука, 1974. 403 с.
- Рахманов В. В. Гидроклиматическая роль лесов. М.: Лесн. пром-сть, 1984. 240 с.
- Савин Е. Н. Лесовосстановление светлохвойных лесов Монгольской Народной Республики (природа лесовозобновления, лесоводственные мероприятия): дис. в форме науч. докл. ... д-ра с.-х. наук: 06.03.03. Красноярск: Ин-т леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР, 1985. 50 с.
- Фуряев В. В. Роль пожаров в процессе лесообразования. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1996. 253 с.
- Чевычелов А. П. Пирогенез и зональное таежное континентальное автоморфное почвообразование на Северо-Востоке Азии (на примере Южной Якутии): автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.27. Новосибирск: Ин-т почвоведения и агрохимии СО РАН, 1997. 34 с.
- Швебс Г. И. Формирование водной эрозии, стока наносов и их оценка. Л.: Гидрометеоиздат, 1974. 182 с.
- Шишов Л. Л., Тонконогов В. Д., Лебедева И. И., Герасимова М. И. Классификация и диагностика почв России. 2-е изд., исправ. и доп. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
- Bogatyrev L. G. Formation of forest litter as one of the major processes in forest ecosystems // Euras. Soil Sci. 1996. V. 29. Iss. 4. P. 459–468 (Original Russian Text © L. G. Bogatyrev, 1996, publ. in Pochvovedenie. 1996. N. 4. P. 501–511).
- Krasnoshchekov Yu. N. Soils and the soil cover of mountainous tundra and forest landscapes in the Central Khangai of Mongolia // Euras. Soil Sci. 2010. V. 43. Iss. 2. P. 117–126 (Original Russian Text © Yu. N. Krasnoshchekov, 2010, publ. in Pochvovedenie. 2010. N. 2. P. 131–142).
- Krasnoshchekov Yu. N. Transformation of soil-protective functions of mountain forest under the influence of forest fires in the central ecological zone of the Baikal natural territory // Geogr. Nat. Res. 2013. V. 34. Iss. 4. P. 356–363 (Original Russian Text © Yu. N. Krasnoshchekov, 2013, publ. in Geografiya i Prirodnye Resursy. 2013. V. 34. N. 4. P. 64–72).

## TRANSFORMATION OF WATER-CONTROLLING AND SOIL-PROTECTIVE FUNCTIONS OF MONGOLIA'S LARCH FORESTS UNDER INFLUENCE OF ANTHROPOGENIC FACTORS

**Yu. N. Krasnoshchekov**

*Federal Research Center Krasnoyarsk Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch  
V. N Sukachev Institute of Forest, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch  
Akademgorodok, 50/28, Krasnoyarsk, 660036 Russian Federation*

---

E-mail: kyn47@mail.ru

The data of experimental studies on the effect of final felling and forest fires on the changes in water regulation and soil protection functions of larch forests in Northern Mongolia are considered. The results of snow surveys on felling and burns in pseudo-taiga and subtaiga larch forests of Central Khangai and East Khentey are analyzed. It was revealed that in the conditions of winters with little snow, the forests are snow accumulators and can significantly affect the replenishment of spring moisture reserves and the moisture regime of soils. During the melting of snow, the runoff in the forest starts 2–4 days later than on logged and burned areas. It is established that, in contrast to the mountain forests of Siberia, the Urals and the Far East, the water-controlling role of forests in Mongolia is most clearly expressed in the warm season, when the main amount of precipitation falls and the maximum annual runoff of rivers is formed. At this time, the forest largely prevents the formation of surface runoff, contributes to a more uniform groundwater supply of rivers and is a powerful anti-erosion factor. In the forest, the surface run-off in summer usually does not exceed 0.6 % of the total precipitation. The negative effect of conditionally final and final felling and ground litter-humus fires on changes in stocks, the qualitative fractional composition of forest litter and their moisture capacity, and also the water-physical properties of soils is shown. On logged and burned areas soil density increases, total porosity decreases, the range of active moisture decreases and the water holding capacity of the upper soil horizons decreases. Quantitative indicators of summer liquid and solid matter surface runoff formed on logged and burned areas in larch forests of Central Khangai and East Khentey are given. Anthropogenic destruction of forest ecosystems inevitably leads to their degradation, the restoration of which takes many decades.

**Keywords:** *water-controlling and soil protection functions of mountain forests, water-physical soil properties, surface liquid and solid matter runoff.*

**How to cite:** *Krasnoshchekov Yu. N. Transformation of water-controlling and soil-protective functions of Mongolia's larch forests under influence of anthropogenic factors // Sibirskij Lesnoj Zhurnal (Sib. J. For. Sci.). 2018. N. 3. P. 42–57 (in Russian with English abstract).*