

УДК 630\*435

Ю. Н. КРАСНОШЁКОВ

Институт леса СО РАН, г. Красноярск

### ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВОЗАЩИТНЫХ ФУНКЦИЙ ГОРНЫХ ЛЕСОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПОЖАРОВ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЗОНЕ БАЙКАЛЬСКОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ

*Рассмотрены данные экспериментальных исследований влияния пожаров на изменение почвозащитных функций кедровых и сосновых лесов в южной части центральной экологической зоны Байкальской природной территории. Показано негативное воздействие низовых пожаров подстильно-гумусового вида на изменения запасов, качественного состава лесных подстилок и их влагоёмкости, а также водно-физических свойств почв. Приведены количественные показатели жидкого и твердого поверхностного стока, формирующегося на гаях в зависимости от крутизны склонов, интенсивности и давности пройденных пожаров.*

Ключевые слова: *центральная экологическая зона, горные леса, почвозащитные функции горных лесов, низовые пожары подстильно-гумусового вида, водопроницаемость почв, поверхностный жидкий и твердый сток.*

*An analysis is made of the data from experimental investigations into the influence of fires on changes in the soil-protective functions of Siberian stone pine and pine forests in the southern part of the central ecological zone of the Baikal natural territory. The study revealed a negative influence of ground fires of the litter-humus type on changes in reserves and qualitative functional composition of forest litter and its moisture capacity as well as in water-physical properties of soils. Quantitative indices are provided for the liquid and solid overland runoff forming in burnt-over areas, depending on slope steepness, and on the intensity and temporal remoteness of past fires.*

Keywords: *central ecological zone, mountain forests, soil-protective functions of mountain forests, ground fires of the litter-humus type, water permeability of soils, liquid and solid overland runoff.*

#### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Центральная экологическая зона (ЦЭЗ) Байкальской природной территории (БПТ) непосредственно примыкает к Байкалу и имеет особый природоохранный и социально-экономический статус. Ее площадь составляет 57,6 тыс. км<sup>2</sup>. ЦЭЗ является субъектом как международного (объект Всемирного наследия ЮНЕСКО), так и российского (Закон о Байкале) законодательства об охране природы. В пределах зоны леса занимают около 80 % ее площади. Чистота и качество воды, поступающей в Байкал с горных хребтов, обрамляющих озеро, в значительной степени определяются водоохранными, водорегулирующими, почвозащитными и другими экологическими функциями лесных экосистем [1–3].

К настоящему времени лидирующая роль пирогенного фактора в дигрессии лесов Байкальского региона представляется совершенно очевидной, так как горимость лесов здесь более чем на порядок превосходит общероссийский уровень. При обычных погодных условиях в лесах бассейна оз. Байкал возникает 700–900 пожаров за год. Во время пирогенной аномалии в 2000 и 2003 гг. байкальские леса горели в три-четыре раза чаще, а выгоревшая площадь лесных массивов разных высотно-поясных комплексов (ВПК) превышала 400 тыс. га [4].

В пределах ЦЭЗ особенно пострадали леса буферной зоны Прибайкальского национального парка, Ольхонского и Голоустненского лесничеств. Последнее в 2003 г. потеряло около 20 % лесов. В Республике Бурятия наиболее тяжкие последствия от пожаров зарегистрированы в Байкальском и Кикинском лесничествах, а также в буферной зоне Забайкальского национального парка — в Усть-Баргузинском лесничестве. Лесопирогенные аномалии случались и раньше, в середине 1950-х и во второй половине 1970-х гг. То, что произошло в последнее время, во многом обусловлено снижением уровня противопожарной охраны лесов.

В литературе неоднократно отмечалось, что пожары и вообще огонь следует включить в число важных факторов, влияющих на развитие и функционирование лесных экосистем [5–7]. В отличие от любых антропогенных и техногенных воздействий на среду, роль огня в формировании современ-

ного облика лесных ландшафтов очень специфична. Она связана с интенсивностью пожара, свойствами горючих материалов, геоморфологическими и другими условиями [8–10]. Значение горного рельефа в возникновении лесных пожаров возрастает в связи с вертикальной зональностью климата, а также влиянием экспозиции и крутизны склонов.

Несмотря на ключевую роль пирогенного фактора в современной динамике лесных экосистем, его влияние на изменение средообразующих, в том числе водоохраных, водорегулирующих и почвозащитных, функций горных лесов в таком уникальном регионе, как центральная экологическая зона БПТ, до настоящего времени изучено недостаточно.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследований являются горные леса южной части центральной экологической зоны Байкальской природной территории. Территориальная схема проведения работ основывается на понятии высотно-поясного комплекса типов леса и на диагностических признаках ВПК для гор Южной Сибири [11, 12].

По лесорастительному районированию гор Южной Сибири [12] ЦЭЗ целиком вписывается в Восточно-Прибайкальскую и Западно-Прибайкальскую лесорастительные провинции. В пределах провинций исследования проводились в Улан-Бургасском, Хамар-Дабанском и Приморском лесорастительных округах, различающихся спектрами высотной поясности и характеристиками отдельных поясов при наличии одной общей особенности — господстве таежных темнохвойных и светлохвойных лесов. На склонах разной крутизны и экспозиции в коренных и производных древостоях заложено 65 пробных площадей, в том числе 35 на пожарищах разного возраста, пройденных огнем высокой и средней интенсивности. Закладка пробных площадей, а также их лесоводственно-геоботаническая характеристика выполнены согласно методическим указаниям [13].

На основании проведенных наблюдений за формированием жидкого и твердого поверхностных стоков под пологом нетронутых пожарами древостоев (30 пробных площадей) создан банк данных по девяти параметрам, установленным по методикам [14–16].

Одной пробной площади (контроль) соответствует совокупность девяти параметров (в скобках указан диапазон изменения значений параметра в собранном материале):  $P_1$  — твердый сток, т/км<sup>2</sup> в год ( $0,001 < P_1 < 20$ );  $P_2$  — жидкий сток, мм/год ( $0,05 < P_2 < 50$ );  $P_3$  — запас подстилки, т/га ( $1,6 < P_3 < 30,9$ );  $P_4$  — влагоемкость подстилки, мм ( $0,2 < P_4 < 19,3$ );  $P_5$  — водопроницаемость почв, мм/мин ( $40 < P_5 < 260$ );  $P_6$  — крутизна склона, град. ( $5 < P_6 < 30$ );  $P_7$  — годовое количество осадков, мм ( $360 < P_7 < 1020$ );  $P_8$  — полнота древостоя, доля от единицы ( $0,4 < P_8 < 1,1$ );  $P_9$  — процентное покрытие напочвенного покрова, % ( $25 < P_9 < 100$ ).

На гаях разного возраста, пройденных пожарами различной интенсивности, одной пробной площади соответствует совокупность восьми параметров:  $Y_1$  — твердый сток, т/км<sup>2</sup> в год ( $0,6 < Y_1 < 4800$ );  $Y_2$  — жидкий сток, мм/год ( $9 < Y_2 < 340$ );  $Y_3$  — запас подстилки, т/га ( $0,2 < Y_3 < 22,1$ );  $Y_4$  — влагоемкость подстилки, мм ( $0,002 < Y_4 < 8,3$ );  $Y_5$  — водопроницаемость почв, мм/мин ( $0,2 < Y_5 < 150$ );  $Y_6$  — возраст гари, лет ( $1 < Y_6 < 15$ );  $Y_7$  — крутизна склона, град. ( $5 < Y_7 < 25$ );  $Y_8$  — % погибших деревьев ( $2 < Y_8 < 100$ ).

Жидкий и твердый поверхностные стоки измерялись объемным методом. В маршрутных исследованиях применяли метод искусственного дождевания микроплощадок [17].

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Почвозащитная роль лесов определяется, как известно, способностью лесного фитоценоза сохранять почву от разрушения жидким поверхностным стоком, размеры которого обусловлены фитоценотической структурой насаждений, водно-физическими свойствами почв и лесных подстилок. Все эти показатели, раскрывающие почвозащитные функции лесов в горных сооружениях, изменяются в довольно широких диапазонах в соответствии с вертикальной поясностью, с которой и связана интенсивность их проявления.

В Южном Прибайкалье горно-таежные кедровые леса приурочены к абсолютным высотам 600–1200(1300) м. Их фитоценотической особенностью, как и в других регионах гор Южной Сибири, принадлежащих к циклоническим климатическим фациям, является преобладание кустарничково-зеленомошных типов леса. Они доминируют на территории северного, обращенного к Байкалу, мак-

росклона хр. Хамар-Дабан, а также в темнохвойных лесах юго-западной и восточной частей побережья, где являются ландшафтообразующими [18]. Примыкающая к Хамар-Дабану часть Олхинского плато (между южной частью Байкала и р. Ангарой) на водоразделах с абс. отм. 900–1000 м представлена экосистемами кустарничково-зеленомошных лесов с древостоями смешанного состава: в значительной степени к кедру примешиваются сосна и лиственница, а также пихта.

Особую роль в проявлении защитных функций леса выполняет лесная подстилка. Она способна поглощать часть жидких осадков, препятствует или в значительной степени сокращает образование жидкого поверхностного стока, сохраняет на высоком уровне водопроницаемость почв, предохраняет нижние минеральные горизонты почв от механического разрушения дождевыми осадками. Защитные свойства подстилки определяются ее мощностью, запасом и влагоемкостью.

В пределах горно-таежного кедрового класса ВПК типов леса запасы и влагоемкость подстилок колеблются в широких пределах. Так, наименьшее количество подстилки содержится в кедровниках кустарничково-зеленомошных и чернично-зеленомошных 60–80-летнего возраста —  $9,2 \pm 1,4$  т/га, а ее влагоемкость составляет  $6,5 \pm 0,8$  мм. В насаждениях 110–150-летнего возраста запасы и влагоемкость подстилок изменяются соответственно от 24,2 до 29,4 т/га и от 9,8 до 11,3 мм. Запас подстилки в кедровниках 200–250-летнего возраста составляет  $26,6 \pm 2,5$  т/га, а ее влагоемкость —  $17,4 \pm 2,2$  мм.

В почвенном покрове кедровых лесов широко распространены подбуры типичные, грубогумусовые, оподзоленные и перегнойные, подзолы грубогумусовые, оторфованные и перегнойные. Выявлена тенденция снижения водопроницаемости почв от водоразделов и верхних частей склонов к нижним частям склонов и понижениям, что связано с изменением мощности и состава рыхлых четвертичных отложений, а также с содержанием грубообломочного материала. Так, очень высокими инфильтрационными свойствами (более 200 мм/мин) характеризуются почвы водоразделов, где по гранулометрическому составу преобладают сильнощебнистые супесчаные и легкосуглинистые разновидности. В средних и нижних частях склонов инфильтрация почв изменяется от  $38,7 \pm 4,5$  до  $57,0 \pm 4,0$  мм/мин. В нижних частях склонов второстепенных хребтов она равна  $18,1 \pm 3,6$  мм/мин.

Одним из интегральных показателей почвозащитных функций леса является поверхностный жидкий сток, который представляет часть не поглощенных растительностью и почвой атмосферных осадков. Процесс формирования жидкого и твердого поверхностных стоков связан с климатическими, геоморфологическими, почвенными и биогенными факторами. В пределах отдельного класса ВПК формирование жидкого и твердого поверхностных стоков зависит также от полноты, состава насаждений, возраста, проективного покрытия живого напочвенного покрова, типа леса, водно-физических свойств лесных подстилок и почв, которые существенно изменяются в процессе онтогенеза лесных экосистем [19].

Экспериментально установлено, что в летний период дожди силой до 5 мм под пологом кедровых лесов сток не образуют. Основными стокообразующими дождями являются дожди средней интенсивности (силой более 10 мм), а также ливневого характера. В рассматриваемых лесах поверхностный сток характеризуется очень малыми величинами и не превышает 2–3 % от суммы осадков. Модуль твердого стока составляет  $0,001–3,5$  т/км<sup>2</sup> в год. Эрозионные коэффициенты очень низкие — от  $1 \cdot 10^{-5}$  до  $5 \cdot 10^{-5}$ .

Горная светлохвойная тайга преобладает на площади лесного фонда в пределах Улан-Бургасского и Приморского округов. В данном регионе она представлена сосняками преимущественно IV класса бонитета с примесью лиственницы с успешным возобновлением сосны. Ландшафтообразующими являются сосновые и лиственничные леса с хорошо развитым подлеском из рододендрона даурского, ольховника.

Сосняки рододендровые бруснично-разнотравные характеризуются древостоями с единичной примесью лиственницы и березы IV класса бонитета. Подрост из сосны и кедра. В подлеске единичные экземпляры спиреи, кизильника и густые заросли рододендрона даурского. В целом сосняки с подлеском из рододендрона бруснично-разнотравные образуют типологический фон светлохвойного горно-таежного пояса, сочетаясь с небольшими по занимаемой площади лиственничниками этих же серий типов леса.

Наибольшими запасами подстилки ( $18,5 \pm 5,6$  т/га) характеризуются сосняки бруснично-разнотравные и рододендровые бруснично-разнотравные 180–200-летнего возраста, их влагоемкость равна  $6,8 \pm 0,7$  мм. Относительно меньшими запасами и влагоемкостью подстилки отличаются сосновые насаждения 80–100-летнего возраста:  $11,1 \pm 1,2$  т/га и  $3,3 \pm 0,4$  мм соответственно.

В пределах региона в структуре почвенного покрова горно-таежного светлохвойного ВПК широко распространены серогумусовые типичные, темнопрофильные, иллювируемые и оподзоленные, а также подзолистые почвы и подзолы. На крутых каменистых склонах формируются литоземы серогумусовые, на карбонатных почвообразующих породах — карболитоземы темногумусовые. Высокой (провальной) водопроницаемостью характеризуются хрящевато-супесчаные и легкосуглинистые разновидности серогумусовых почв и подзолов верхних и средних частей склонов хребтов. Коэффициент инфильтрации этих почв изменяется от  $61,4 \pm 5,9$  до  $85,0 \pm 8,6$  мм/мин. В средних частях склонов серогумусовые и подзолистые почвы более тяжелого гранулометрического состава имеют инфильтрацию, равную  $27,5 \pm 5,2$  мм/мин.

Величина поверхностного жидкого стока под пологом леса не превышает в большинстве случаев 5–10 % от суммы осадков. Модуль твердого стока в зависимости от крутизны склона изменяется от 0,01 до 20,0 т/км<sup>2</sup> в год, эрозионные коэффициенты — от  $2 \cdot 10^{-5}$  до  $25 \cdot 10^{-5}$ .

Для построения зависимостей, адекватно отражающих процессы формирования жидкого и твердого поверхностных стоков в изученных ВПК, создана база данных. С использованием различных показателей построены модели, описывающие размеры жидкого и твердого стока. Все полученные коэффициенты и уравнения достоверны на уровне значимости ( $\alpha = 0,05$ ), общепринятом в практике биологических исследований. Установлены зависимости между твердым и жидким поверхностными стоками, формирующимися в горно-таежном кедровом и горно-таежном сосновом ВПК (рис. 1, а) в пределах южной части ЦЭЗ.

Помимо уже известных зависимостей (величина осадков, крутизна склона и др.) важно обнаружить влияние биогенного фактора на формирование поверхностного жидкого стока. Ранее в качестве ключевых переменных нами использовались проективное покрытие живого напочвенного покрова и полнота древостоев [20, 21]. В дальнейшем установлено, что наряду с этими показателями информативными переменными являются запас и влагоемкость подстилки, позволяющие судить о размерах поверхностного жидкого стока и связанных с ними эрозионных процессах. Чем выше влагоемкость подстилки, тем меньше размеры поверхностного жидкого, а следовательно, и твердого стока (см. рис. 1, б).

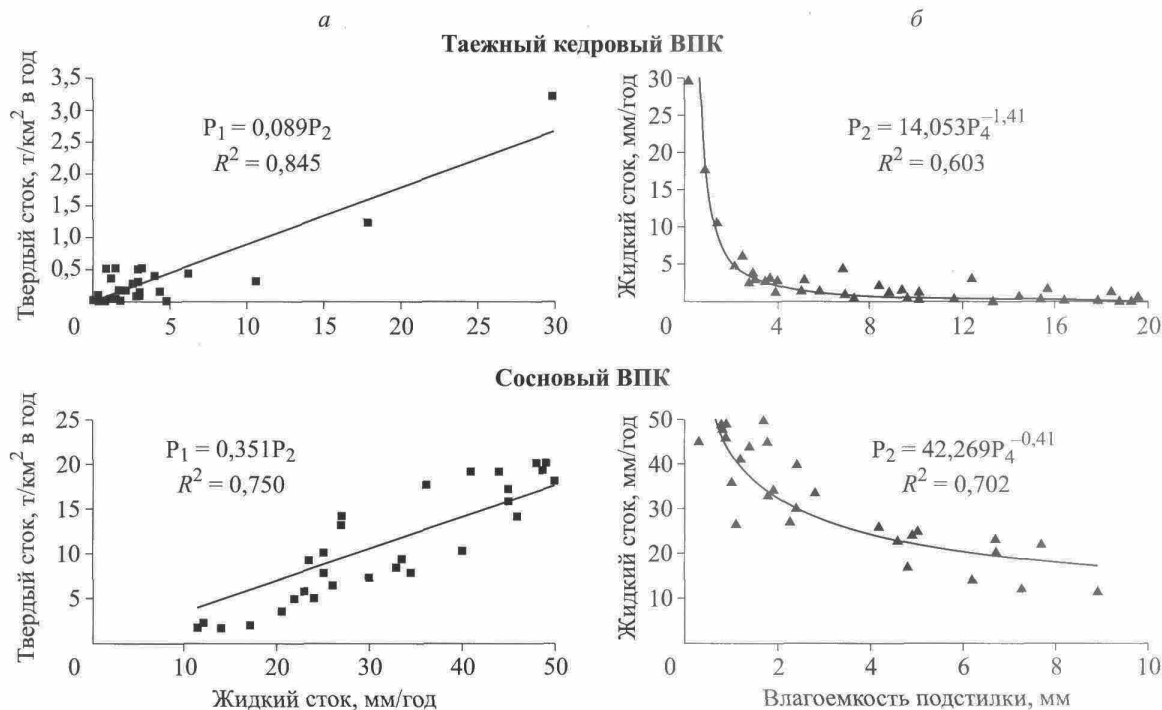


Рис. 1. Зависимости изменения поверхностного твердого стока от жидкого (а), жидкого поверхностного стока от влагоемкости подстилки (б) в таежном кедровом и сосновом ВПК.

Низовые пожары подстилочно-гумусового вида, преобладающие в данном регионе, в зависимости от интенсивности огня по-разному трансформируют основные компоненты лесной экосистемы. Независимо от вида и интенсивности пожара в сферу горения всегда попадает напочвенный покров и поверхностный органогенный горизонт почв — лесная подстилка. При сильном воздействии огня и полном сгорании подстилки происходит трансформация верхних органо-минеральных и минеральных горизонтов почв. В результате резкого изменения экологических условий и поступления большого количества золы на поверхность почвы резко изменяются ее физические и физико-химические свойства, а также гидротермический режим. Это приводит к перераспределению поверхностного и внутриспочвенного стока и, соответственно, к резкой активизации процессов денудации (снос и перераспределение мелкозема), под влиянием которых наблюдается обеднение верхних горизонтов почв и их деградация.

В первые годы после пожаров высокой и средней интенсивности на гарях отмечается значительное изменение в поверхностных органогенных и грубогумусовых горизонтах почв. Установлено, что в кедровых лесах Южного Прибайкалья при слабой и средней интенсивности пожара мощность этих горизонтов уменьшается на 23–25 %, а при высокой — на 80 %. Вновь образованные на пожарищах поверхностные органогенные пирогенные горизонты (O<sub>пр</sub>, O<sub>Lпр</sub>, O<sub>Aпр</sub>) по мощности, запасам и особенно по влагоемкости значительно отличаются от аналогов под пологом нетронутого пожаром леса.

В таежном кедровом и сосновом ВПК выявлены зависимости между запасами и влагоемкостью подстилки, с одной стороны, и возрастом гари, с другой (рис. 2). Высокие значения  $R^2$  наблюдаются уже при линейных зависимостях. Однако с точки зрения физического смысла более точно зависимости изменения запасов и влагоемкости поверхностных органогенных пирогенных горизонтов от возраста гари описываются полиномиальными кривыми.

В первые пять лет в кедровых и сосновых древостоях, пройденных пожарами высокой и средней интенсивности, запасы подстилки и ее влагоемкость находятся на низком уровне (см. рис. 2, а, б). Это связано с резким уменьшением во фракционном составе хвои, листьев, мхов и трухи в результате их выгорания и с абсолютным преобладанием грубых, маловлагоемких фракций. В дальнейшем, в связи с возобновлением хвойных и мелколиственных пород, происходит восстановление живого напочвенного растительного покрова и поступление на поверхность почвы растительных остатков.

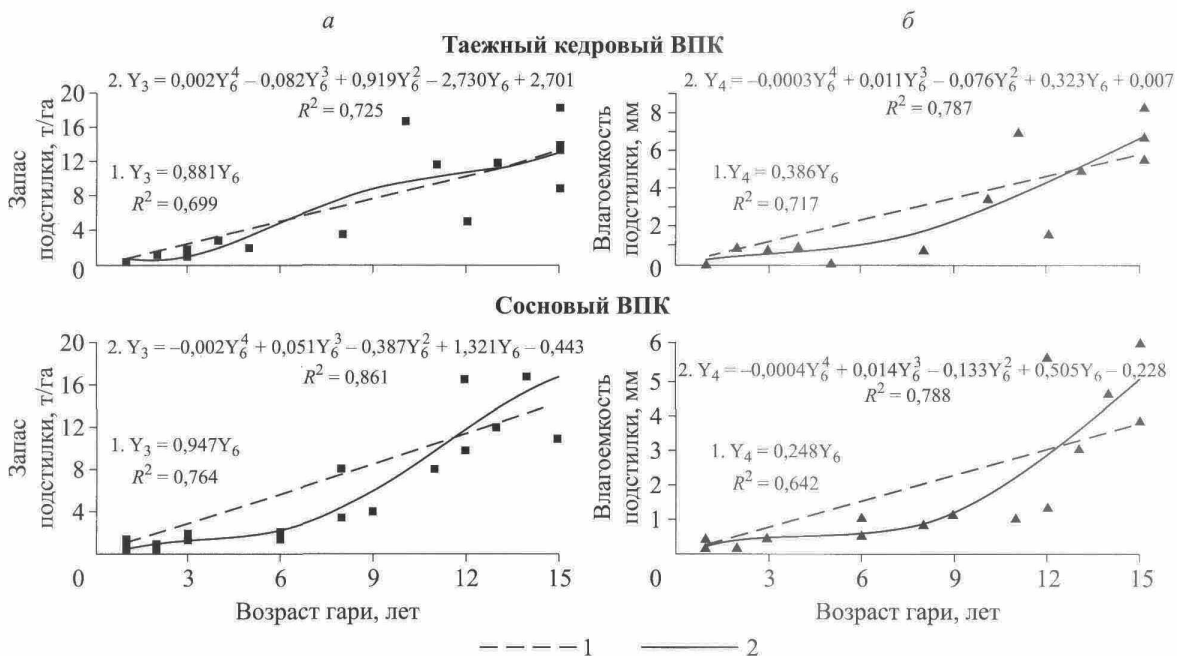


Рис. 2. Зависимости изменения запасов подстилки (а) и ее влагоемкости (б) от возраста гари в таежном кедровом и сосновом ВПК.

Формирующаяся подстилка становится более влагоемкой, способной значительно снижать жидкий поверхностный сток и, следовательно, размеры эрозионных процессов.

Под воздействием лесных пожаров заметно возрастает плотность сложения и уменьшается общая пористость верхних горизонтов почв. Так, значительное изменение плотности сложения сухой почвы и общей пористости отмечено нами ранее на свежих и 3-летних гарях сосняков и лиственничников в Прибайкалье, Забайкалье и Северной Монголии [19], где в почвенном покрове распространены серогумусовые хрящевато-среднесуглинистые и тяжелосуглинистые разновидности почв. По сравнению с лесом, где плотность сложения в слое почвы 0–5 см равна 0,36–0,42 г/см<sup>3</sup>, в слое 5–20 см — 0,80–1,14 г/см<sup>3</sup>, на гарях она выше: в слое почв 0–5 см — 0,50–0,97 г/см<sup>3</sup>, а в слое 5–20 см — 0,88–1,22 г/см<sup>3</sup>. Общая пористость в слое 0–5 см под пологом леса составляет 80–83 %, в слое 5–20 см — 55–64 %, на гарях она ниже и равна соответственно 56–76 и 50–61 % от объема. На участке 5-летней гари плотность сложения слоя почвы 0–5 см равна 0,64–0,93 г/см<sup>3</sup>, общая пористость — 71–78 %. На старых гарях (8–10-летних) плотность сложения слоя почв 0–5 см составляет 0,65–0,75 г/см<sup>3</sup>, а общая пористость — 60–70 %.

Изменение общих физических свойств почв на гарях приводит к ухудшению их водопроницаемости. Если в кедровниках кустарничково-зеленомошных (на контроле) водопроницаемость подзолов и подбуров грубогумусовых хрящевато-суглинистого и супесчаного гранулометрического состава равна 65–170 мм/мин, то на свежих и 2–4-летних гарях на участках, пройденных огнем высокой и средней интенсивности, она уменьшается до 0,4–15,0 мм/мин. На 5-летних гарях на участках, пройденных пожарами слабой интенсивности, водопроницаемость почв составляет 62–125 мм/мин, средней интенсивности — 36–80 мм/мин, высокой — 5,8–24,0 мм/мин. На гарях 10–15-летнего возраста почвы имеют водопроницаемость 48–150 мм/мин.

В пределах таежных сосновых лесов под пологом леса (на контроле) серогумусовые хрящевато-среднесуглинистые и тяжелосуглинистые почвы имеют водопроницаемость 22,0–36,4 мм/мин. На свежих и 3-летних гарях она уменьшается до 0,2–4,0 мм/мин, на 5–8-летних — до 3,2–11,8 мм/мин. Почвы 10–15-летних гарей имеют водопроницаемость 10,8–16,5 мм/мин. В данном случае относительно плохая водопроницаемость почв даже на гарях 10–15-летнего возраста связана с их эродированностью, а следовательно, с невосстановившимися физическими и водно-физическими свойствами.

Огневая трансформация органогенных горизонтов, ухудшение физических и водно-физических свойств почв на гарях сопровождаются резким возрастанием размеров поверхностного склонового стока и развитием эрозионных процессов, приводящих к разрушению почвы как природного тела.

Как показали исследования, развитие эрозионных процессов на гарях наблюдается в основном в виде плоскостного смыва и мелкоструйчатого размыва. Кроме этого большое влияние на разрушение почвы здесь оказывают вывалы поврежденных и ослабленных огнем деревьев. Вывалы деревьев создают своеобразный микрорельеф на горном склоне, состоящий из западин, «земляной стены» [22] и упавшего дерева. Земляная стена образуется вывороченной корневой системой, которая в первые годы после вывала осыпается, мелкозем легко размывается и сносится поверхностным жидким стоком за пределы склона.

В горно-таежном кедровом ВПК на свежих гарях на склонах крутизной 5–15° суммарный размер эрозии изменяется от 600 до 1800 т/км<sup>2</sup> в год. Наиболее интенсивный снос почвы наблюдается на свежих гарях, пройденных пожарами высокой и средней интенсивности. Здесь при поверхностном стоке 320–350 мм в год суммарный размер эрозии на склонах крутизной 15–25° достигает 3000–3400 т/км<sup>2</sup> в год. На гарях 3–5-летнего возраста на склонах крутизной 5–15° суммарная эрозия составляет 250–600 т/км<sup>2</sup> в год, а при крутизне 15–25° — 1000–1500 т/км<sup>2</sup> в год. На старых гарях (старше 10 лет) при восстановлении на них растительности эрозионные процессы незначительны и не превышают естественную эрозию под пологом леса.

На свежих гарях таежных сосновых лесов на склонах крутизной 5–15° суммарный размер эрозии составляет 800–1100 т/км<sup>2</sup> в год, а при крутизне 15–25° суммарный размер эрозии при стоке 230–250 мм увеличивается до 3500–4800 т/км<sup>2</sup> в год.

Нарушение защитного растительного слоя пожаром на крутых склонах (25–30° и более) часто приводит к полному сносу мелкозема, в результате чего на поверхности местами обнажены плиты и крупные обломки горных пород. На крутых склонах мелкозем сохраняется лишь фрагментарно, в основном в западинах и на участках крутизной менее 10°, а также под кронами отдельных сосен, обладающих мощной поверхностной корневой системой. Аккумуляция мелкозема происходит также в приствольных зонах, расположенных по склону выше стволов деревьев и имеющих протяженность

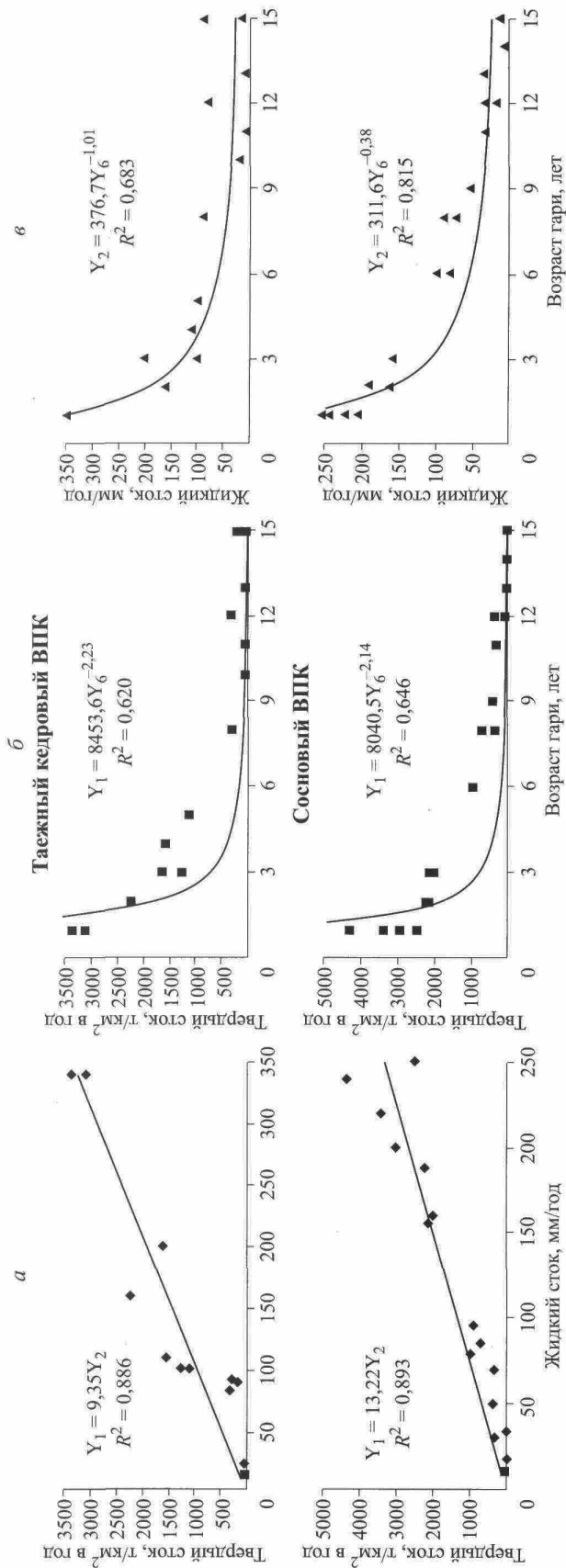


Рис. 3. Зависимости изменения поверхностного твердого стока от жидкого (а), поверхностных твердого (б) и жидкого (в) стоков от возраста гари в таежном кедровом и сосновом ВПК.

1–2 м. Здесь же наблюдается формирование органогенного пирогенного горизонта, причем более половины его запасов сосредоточено именно на этой площади. Однако очень часто в условиях горного рельефа на крутых склонах после лесного пожара высокой интенсивности смывается весь почвенный мелкозем и образуются каменистые россыпи (курумники), долгое время не зарастающие лесом. В пределах таежно-лесного пояса гор Прибайкалья около 50 % курумников имеют послепожарное происхождение.

На 3–5-летних гарях сосновых лесов на склонах крутизной 5–15° суммарный размер эрозии равен 680–950 т/км<sup>2</sup> в год, а при крутизне 15–25° он возрастает до 1400–1900 т/км<sup>2</sup> в год. Относительно длительное время эрозионные процессы развиты на старых гарях (10–15-летних), где процессы восстановления растительного покрова замедлены повторными пожарами. Даже на склонах крутизной 15–25° суммарный размер эрозии при стоке 50–90 мм составляет 270–350 т/км<sup>2</sup> в год. На старых возобновившихся гарях (10–15-летних) интенсивность развития эрозии не выше, чем на облесенных территориях. Это связано с хорошим возобновлением и интенсивным зарастанием гарей травянистой растительностью. Верхние горизонты почв хорошо скреплены корневыми системами травянистой растительности; сформировавшиеся органогенный и дерновый горизонты противодействуют размытию.

Выявлены зависимости между твердым и поверхностным жидким стоками на гарях в таежном кедровом и сосновом ВПК в южной части центральной экологической зоны БПТ (рис. 3, а). Высокие значения  $R^2$  наблюдаются при линейных зависимостях. Жидкий поверхностный сток на гарях в 3–15 раз выше, чем под пологом негорелого леса.

Установлены зависимости изменения поверхностного жидкого и твердого стока от возраста гари (см. рис. 3, б, в). Отмечено резкое снижение твердого стока на 5–8-й год при условии успешного зарастания гарей растительностью. В то же время жидкий поверхностный сток на гарях как в кедровом, так и сосновом ВПК сохраняется более длительное время, однако эрозионной опасности он не представляет.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Под почвозащитной ролью леса понимается способность лесного фитоценоза сохранять почву от разрушения жидким поверхностным стоком, размеры которого обусловлены фитоценотической структурой насаждений, водно-физическими свойствами почв и лесных подстилок. В горных сооружениях с выраженной высотной поясностью климата, почв и растительности существует четкая связь количественных характеристик стока с высотными поясами, причем наибольшая доля стока (до 80 %) приходится на верхние подгольцово-таежные и таежные ВПК. Горно-таежные темнохвойные и светлохвойные леса фильтруют основную массу влаги, поступающую из атмосферы, и непосредственно участвуют в формировании речного стока.

Лесные пожары в горах вызывают часто развитие необратимых деструктивных процессов, ведущих к разрушению почвы как природного тела. Пожары средней и высокой интенсивности на горных склонах, при частичном или полном сгорании защитного растительного слоя, способствуют резкому снижению водопоглотительной способности трансформированных лесных подстилок и водопроницаемости почв. Это создает условия для формирования жидкого поверхностного стока и усиления эрозионных процессов. На свежих гарях, в зависимости от интенсивности огня, поверхностный сток возрастает в 3–15 раз, а твердый — в десятки и сотни раз. Восстановление этой функции леса растягивается на многие десятилетия.

Трансформация защитных функций горных лесов, изменение экзогенных и эдафических факторов после пожаров значительно влияют и на дальнейшее жизненное состояние горных кедровых и сосновых лесов и их функционирование. В первую очередь вновь складывающиеся послепожарные условия негативно влияют на продукционный процесс насаждений, изреживание и ослабление их прироста, а в результате — на снижение общей производительности.

Полученные ранее данные о приросте деревьев в рассматриваемых насаждениях в ЦЭЗ Байкальской природной территории свидетельствуют, что продуктивность горевших деревьев существенно снижена по сравнению с допожарным периодом [23]. Снижение полноты древостоев, вызванное пожаром, следует оценивать как дигрессивный процесс для кедровых и сосновых древостоев.

По данным Р. А. Зиганшина [24], в условиях северо-западного склона Хамар-Дабана в постпирогенных кедровых древостоях продуктивность приблизительно на 1/3–1/2 ниже нормального запаса. При этом резко снижены полнота и бонитет насаждений. Предупреждением лесных пожаров в горно-таежном кедровом поясе можно повысить продуктивность древостоев на 30–40 %. Охрана горных лесов от пожаров, сохранение ими высокого уровня защитных функций обеспечат чистоту и качество воды, поступающей в озеро.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коваль И. П. Гидрологическая и почвозащитная роль горных лесов // Горные леса. — М.: Лесн. пром-сть, 1979. — С. 41–56.
2. Побединский А. В. Водоохранная и почвозащитная роль лесов. — М.: Лесн. пром-сть, 1979. — 174 с.
3. Средообразующая роль лесов бассейна озера Байкал / Под ред. В. В. Протопопова. — Новосибирск: Наука, 1979. — 255 с.
4. Евдокименко М. Д. Пирогенная дигрессия светлохвойных лесов Забайкалья // География и природ. ресурсы. — 2008. — № 2. — С. 109–115.
5. Мелехов И. С. Влияние пожаров на лес. — М.; Л.: Гослестехиздат, 1948. — 126 с.
6. Сапожников А. П. Роль огня в формировании лесных почв // Экология. — 1976. — № 1. — С. 43–46.
7. Фурьев В. В. Роль пожаров в процессе лесообразования. — Новосибирск: Наука, 1996. — 253 с.
8. Евдокименко М. Д. Факторы горимости байкальских лесов // География и природ. ресурсы. — 2011. — № 3. — С. 51–57.
9. Курбатский Н. П. Пирологические особенности лесов // Охрана лесов от пожаров в бассейне оз. Байкал. — Красноярск: Изд-во Ин-та леса СО АН СССР, 1976. — С. 5–11.
10. Софронов М. А., Волокитина А. В., Софронова Т. М. Пожары в горных лесах. — Красноярск: Ин-т леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 2008. — 388 с.
11. Назимова Д. И., Коротков И. А., Чередникова Ю. С. Основные высотно-поясные подразделения лесного покрова в горах Южной Сибири и их диагностические признаки // Чтения памяти В. Н. Сукачева. — М.: Наука, 1987. — С. 30–64.
12. Типы лесов гор Южной Сибири / Под ред. В. Н. Смагина. — Новосибирск: Наука, 1980. — 336 с.
13. Программа и методика биогеоэкологических исследований. — М.: Наука, 1974. — 403 с.



14. Молчанов А. А. Гидрологическая роль лесов. — М.: Изд-во АН СССР, 1960. — 484 с.
15. Лебедев А. В. Влияние лесистости и распаханности территории на водную эрозию почв в Сибири // Лес и почва. — Красноярск: Изд-во Ин-та леса СО АН СССР, 1968. — С. 325–331.
16. Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследований физических свойств почв и грунтов. — М.: Высш. шк., 1973. — 399 с.
17. Швец Г. И. Формирование водной эрозии, стока наносов и их оценка. — Л.: Гидрометеиздат, 1974. — 182 с.
18. Чередникова Ю. С. Прибайкальская горная лесорастительная область // Типы лесов гор Южной Сибири. — Новосибирск: Наука, 1980. — С. 236–278.
19. Краснощёков Ю. Н. Почвозащитная роль горных лесов бассейна озера Байкал. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. — 224 с.
20. Краснощёков Ю. Н. Высотно-поясные особенности эрозионных процессов в лесных экосистемах бассейна Байкала // География и природ. ресурсы. — 2007. — № 4. — С. 42–48.
21. Краснощёков Ю. Н., Кофман Г. Б., Назимова Д. И. Формирование поверхностного стока в горных лесах Южной Сибири // Сиб. экол. журн. — 2005. — № 1. — С. 23–28.
22. Васенев И. И., Таргульян В. О. Ветровал и таежное почвообразование. — М.: Наука, 1995. — 247 с.
23. Краснощёков Ю. Н., Евдокименко М. Д., Чередникова Ю. С., Болонева М. В. Послепожарное функционирование лесных экосистем в Восточном Прибайкалье // Сиб. экол. журн. — 2010. — № 2. — С. 221–230.
24. Зиганшин Р. А. Послепожарные насаждения экологического профиля Бабашкин–Таежный на Хамар-Дабане // Пожары в лесных экосистемах Сибири. — Красноярск: Изд-во Ин-та леса СО РАН, 2008. — С. 127–130.

*Поступила в редакцию 2 апреля 2013 г.*

---