

НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ВЛИЯНИЮ ЗАЛЕСЕННОСТИ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДОТОКА

© 2014 г. Е.В. Филиппова

ФГУП «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Восточный филиал, г. Чита

Ключевые слова: залесенность, водосбор, качественные характеристики водотока.



Е.В. Филиппова

Выполнен анализ качественных показателей поверхностного стока, сформировавшегося на залесенных и незалесенных территориях, а также гидрохимический анализ проб, отобранных из р. Ингода до и после выпадения осадков. На основании анализа результатов предложена схема восстановления залесенности бассейна, подвергнутого пожарам.

Контроль качества неорганизованного поверхностного стока, стекающего по рельефу местности, затруднен из-за отсутствия утвержденной методики отбора проб. От правильного отбора проб во многом зависит точность получаемых результатов. Первостепенное значение на исследуемом водосборе для получения дискретной пробы, отражающей качество водоприемника и исследуемого поверхностного стока, имеет выбор точек отбора проб.

Все стадии исследований гидрохимических показателей сформировавшегося на малом водосборе поверхностного стока связаны между собой. Если неправильно проведены отбор или подготовка пробы к анализу, то их результаты не позволят получить достоверной информации о содержании определяемого загрязняющего вещества. В большинстве случаев именно отбор и подготовка пробы к химическому анализу лимитируют надежность и качество получаемых результатов, а также трудоемкость и длительность аналитического цикла.

Методика исследования

Порядок отбора проб при полевых исследованиях на залесенном и незалесенном участках был выбран следующий: намечены точки и их количество, перечень определяемых показателей, объем отбираемой для анализа воды, совместимость способов консервации проб для их последующего анализа. Закрепленные в ГОСТ Р 51592–2000 [1] рекомендации использованы для получения репрезентативных проб.

С учетом этих рекомендаций в пределах каждого водосбора отбирали несколько разовых проб, усреднение которых давало смешанные пробы. В данном случае брали по пять проб, общее количество которых составило 90 за весь экспедиционный период.

Качество воды в реках носит циклический характер, причем наблюдается суточная и сезонная цикличность. По этой причине пробы из р. Ингода брали в одно и то же время суток перед выпадением осадков. Это особенно важно для определения качества воды в реках, имеющих резко отличающиеся режимы – межень и паводок. Загрязняющие вещества неравномерно распространены по потоку реки, поэтому пробы отбирали в местах максимально бурного течения, где потоки хорошо перемешивались.

В последующем проводили отбор проб поверхностного стока, формирующегося в пониженных точках рельефа залесенного и незалесенного водосборов, с дальнейшим усреднением полученных результатов. Поверхностный сток отбирали воронкой в мерный цилиндр, который устанавливали в приямок.

Пробы воды были подвергнуты исследованию в течение сроков, указанных в [1], с соблюдением условий консервации. Выбранный метод подготовки проб к хранению совместим с методом определения конкретного загрязняющего вещества, установленного в нормативных документах.

Результаты исследования

В 2007–2010 гг. автором проводились исследования по определению качественных показателей на залесенном и незалесенном водосборах р. Ингода. Гидрохимические анализы отобранных проб выполнены по следующим веществам: БПК, ХПК, взвешенные вещества, нитраты, нитриты, сухой остаток, фенолы, фосфаты, кальций, магний. Эти загрязняющие вещества были выбраны потому, что являются наиболее характерными для р. Ингода.

Анализ результатов первой экспедиции, во время которой были отобраны пробы поверхностного стока на залесенном и незалесенном водосборах, показал, что с участков, подверженных лесным пожарам, практически по всем рассматриваемым веществам отмечается увеличение концентрации

загрязняющих веществ. По взвешенным веществам увеличение составляло до 3 раз. Как отмечено в [2], водопроницаемость незалесенного водосбора снижается. Это, несомненно, сказывается на расходах поверхностного стока, который смывает значительный верхний слой почвенного покрова и оказывает влияние на гидрохимические показатели водотока (рис. 1).

Увеличивается смыв почвы с незалесенной территории, поэтому количество взвешенных веществ в поверхностном стоке резко возрастает. Повышение содержания взвешенных веществ уменьшает содержание кислорода в воде и снижает окислительную способность микроорганизмов, участвующих в процессах самоочищения водоемов.

Кроме того, в пробах, отобранных с незалесенного водосбора, произошло увеличение концентрации растворенных солей неорганического характера. Показатель общей минерализации возрос в 5 раз, вода стала более жесткой. Легкоокисляемые формы органических веществ оказались менее доступны для биологического окисления, что влияет на процессы самоочищения водных объектов, замедляет их или приостанавливает. Об этом свидетельствует уменьшение величины БПК при оставшейся неизменной величине ХПК. Увеличение концентрации нитрит-ионов и нитрат-ионов также свидетельствует об уменьшении самоочищающей способности водного объекта.

Одновременно пробы отбирали и в р. Ингода. Отбор проб проводили до дождя, до образования поверхностного стока, и после дождя, когда поверхностный сток достигал своего максимального значения.

Результаты 2–5 экспедиций, также как и первой, показали, что залесенность водосбора уменьшает эрозионную способность поверхностного стока, уменьшая скорость его течения и переводя значительную часть поверхностного стока во внутрпочвенный. На это указывает увеличение взвешенных веществ в поверхностном стоке, сформированном на горельнике, по сравнению с залесенными площадями (см. рис. 1а).

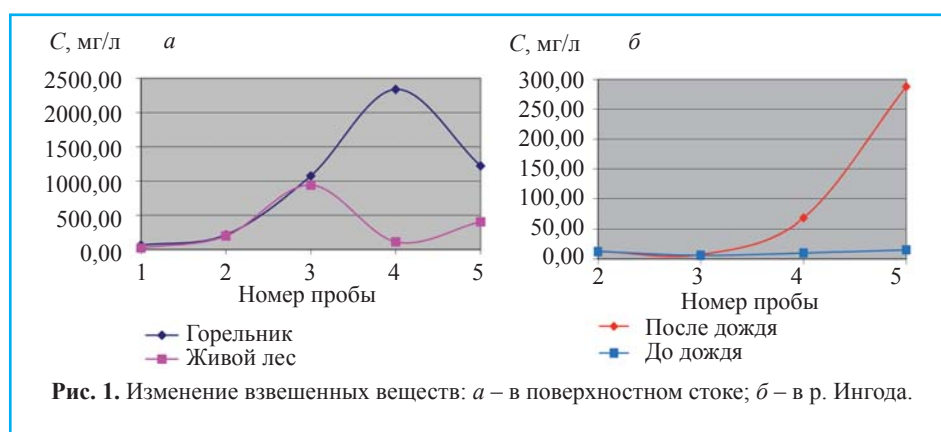
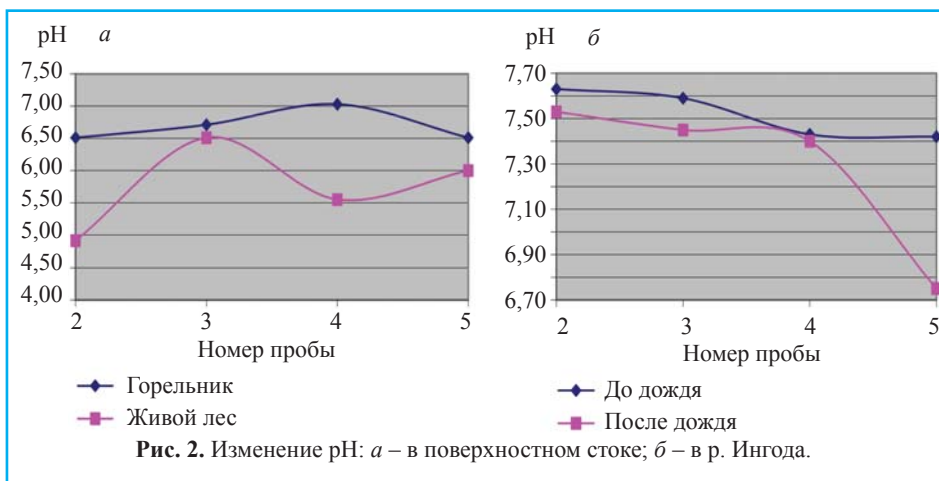


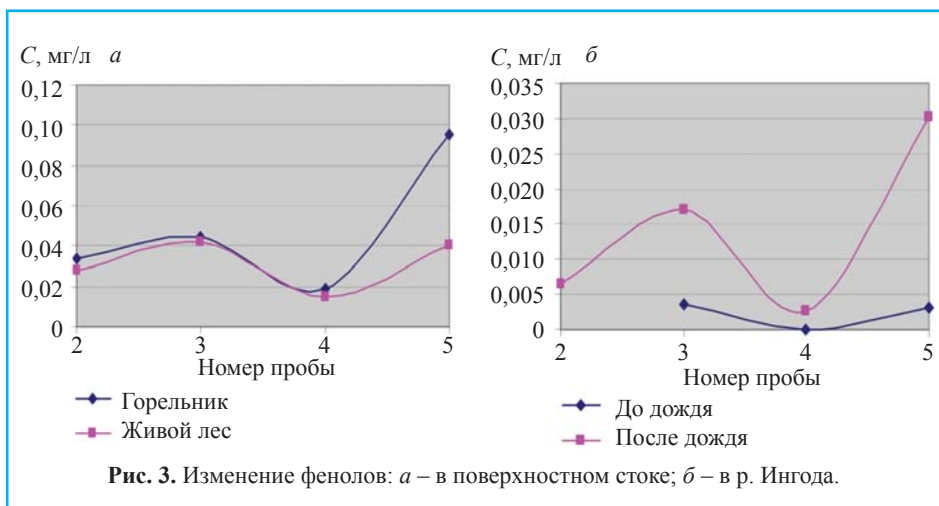
Рис. 1. Изменение взвешенных веществ: а – в поверхностном стоке; б – в р. Ингода.



Анализ данных активной реакции (рН) показал (рис. 2), что наблюдаются значительные колебания: рН горельника варьирует в пределах 6,51–7,03, что согласуется с результатами Е.С. Спиридонова [3]; рН залесенного водосбора колеблется от 4,91 до 6,51, что не противоречит результатам, полученным П.П. Воронковым и В.И. Зубаревой [4].

Анализ данных по содержанию фенолов показал, что наиболее существенным является увеличение их в поверхностном стоке, сформировавшемся на горельнике (рис. 3а), и в р. Ингода после окончания дождя (рис. 3б).

Результаты гидрохимических анализов показали, что содержание нитратов и нитритов по результатам пяти экспедиций в р. Ингода до выпадения дождя меньше, чем после дождя. Это свидетельствует о значительном поступлении веществ с водосбора в период выпадения осадков (рис. 4б, 5б).



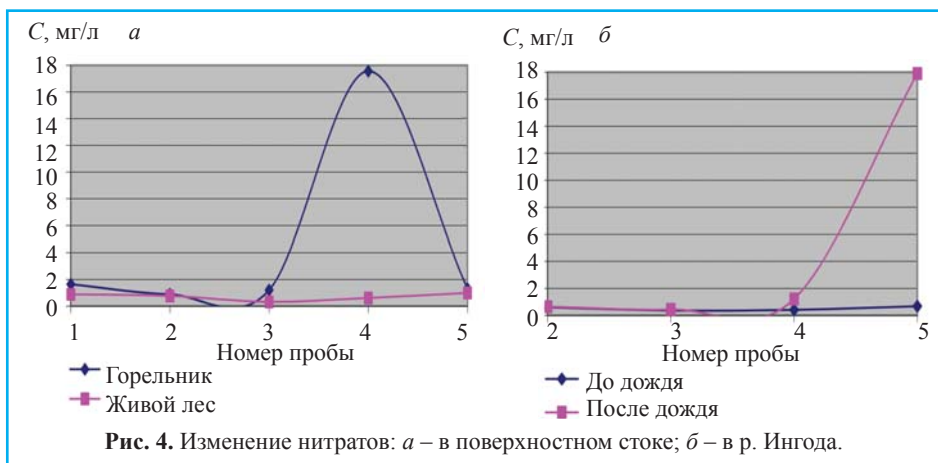


Рис. 4. Изменение нитратов: а – в поверхностном стоке; б – в р. Ингода.

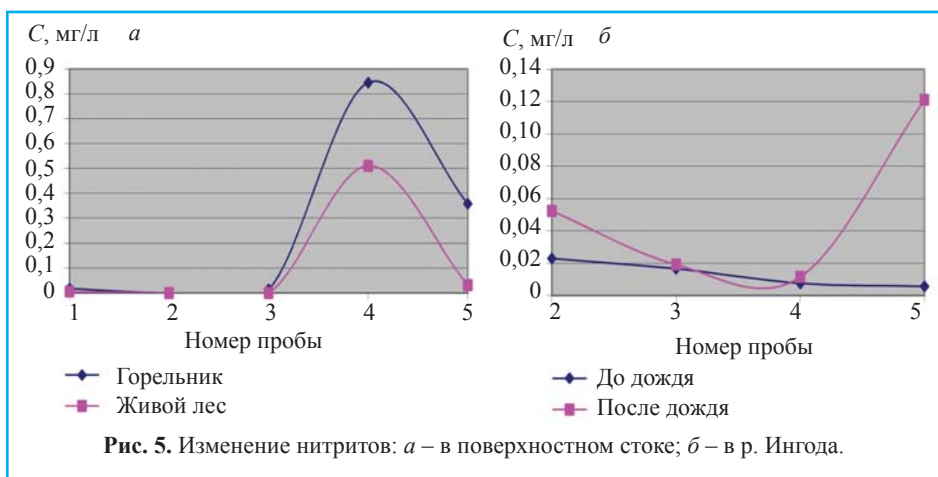
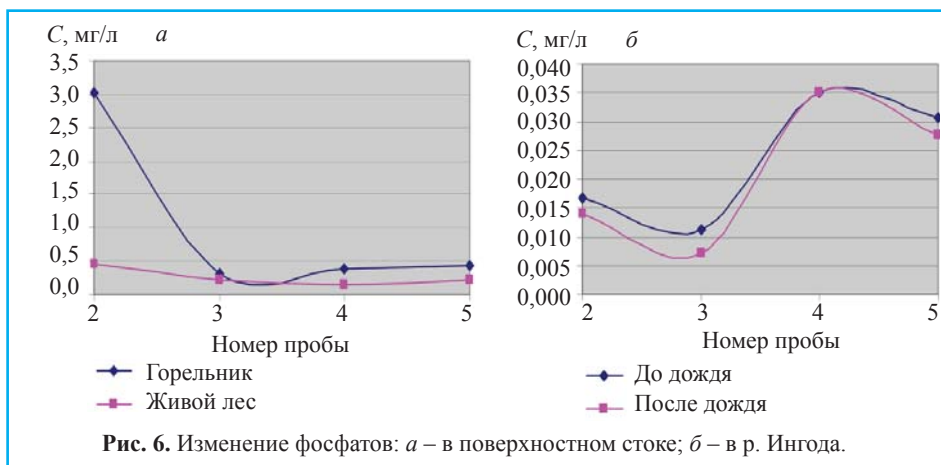


Рис. 5. Изменение нитритов: а – в поверхностном стоке; б – в р. Ингода.

Нитратов на горельнике наблюдается больше, чем на залесенном водосборе (рис. 4а, 5а), что согласуется с выводами Э. Кубина [5], В.П. Фирсовой [6], Э.П. Поповой [7], И.В. Вербейко [8] и др.

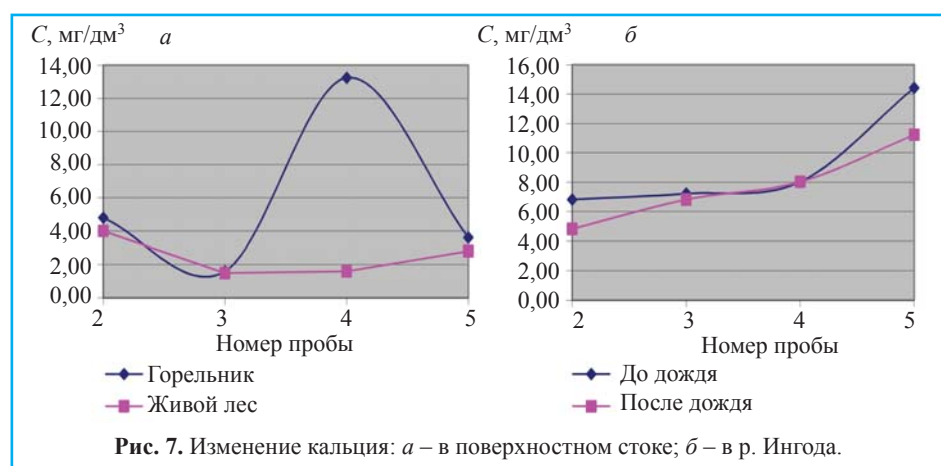
Анализ результатов по изменению фосфатов показал, что в поверхностном стоке, сформированном на залесенном водосборе, количество фосфатов снижается и доходит до 0,139–0,449 мг/л, в то время как для стока, сформированного на горельнике, увеличивается с 0,302 до 3,02 мг/л (рис. 6а).

Содержание фосфатов во всех пробах, отобранных из р. Ингода после выпадения осадков, снижается (рис. 6б) по сравнению с пробами, взятыми до дождя. Снижение концентрации фосфатов можно обосновать разбавлением ее в водоприемнике вследствие увеличения расхода водотока. Аналогичные результаты получены С.А. Кондратьевым [9], В. П. Фирсовой [6], Э.П. Поповой [7], И.В. Вербейко [8] и др.



В пробах, отобранных из р. Ингода до выпадения осадков, отмечено изменение содержания кальция в пределах 6,81–14,43 мг/дм³, в то время как в пробах после дождя наблюдается его снижение до 4,8 мг/дм³ (рис. 7б). Сравнение содержания кальция в поверхностном стоке, сформированном на залесенном водосборе и на горельнике, показало его уменьшение с увеличением залесенности (рис. 7а). Аналогичные результаты получены В.Г. Тарабукиной и Д.Д. Савиновым [10], В.Н. Горбачевым [11] и др.

Результаты анализов проб по магнию показали однозначное влияние залесенности на его уменьшение (рис. 8б). В поверхностном стоке, сформированном на горельнике, содержание магния изменялось от 0,5 до 2,25 мг/дм³, в пробах, отобранных на залесенном водосборе, его содержание находилось в пределах от 0 до 0,5 мг/дм³ (рис. 8а). Тенденция к увеличению магния в горельнике подтверждается В.Г. Тарабукиной и Д.Д. Савиновым [10], В.Н. Горбачевым [11], И.В. Вербейко [8] и др.



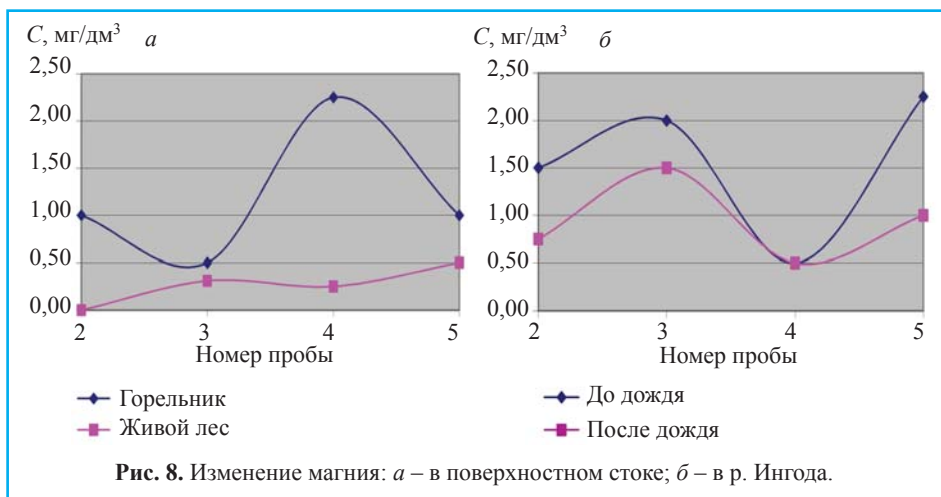


Рис. 8. Изменение магния: а – в поверхностном стоке; б – в р. Ингода.

Данные гидрохимических анализов показали увеличение ХПК в поверхностном стоке, сформированном на горельнике, по сравнению с залесенным водосбором (рис. 9а). Также отмечается увеличение ХПК после дождя в водотоке (рис. 9б). Аналогичные результаты получены И.В. Вербейко [8], А.А. Дробиковым [12] и др.

На увеличение концентраций загрязняющих веществ в поверхностном стоке влияет снижение залесенности как за счет разрешенной заготовки древесины, так и за счет несанкционированных рубок и лесных пожаров.

Проведенный анализ результатов на исследуемом водосборе в Забайкалье показал, что с площади, подверженной пожару, выносятся больше загрязняющих веществ, чем с залесенного водосбора. Особенно это

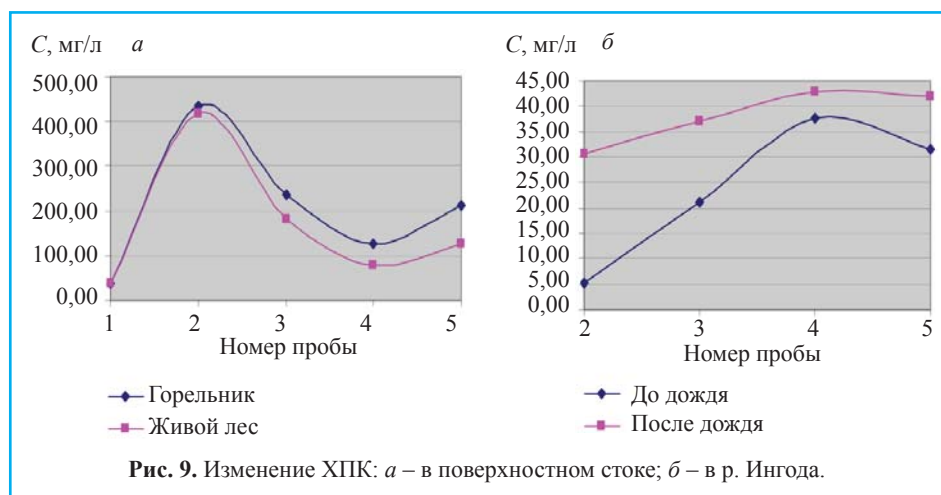


Рис. 9. Изменение ХПК: а – в поверхностном стоке; б – в р. Ингода.

сказывается на концентрациях таких веществ, как взвешенные вещества, кальций, магний, нитраты, фосфаты, нитриты и фенолы.

Предлагаемая схема лесовосстановления

Для снижения негативных последствий пожаров и рубок предлагается на водосборах, подверженных пожарам, проводить лесовосстановительные работы. Действующим законодательством в настоящее время такие работы предусматривают только полное зарастивание, что связано со значительными финансовыми затратами. Для их снижения предлагается лесовосстановительные работы проводить не по всей площади, а полосами, оставляя межполосные пространства под самозарастание, но при этом обеспечивать необходимый экологический эффект [13].

Влияние лесополос на уменьшение выноса загрязняющих веществ в водные источники по данным В.Т. Николаенко [14] наглядно представлено графическим сравнением качественного состава поверхностных вод, сформировавшихся на территориях с различной залесенностью бассейна (рис. 10).

С использованием результатов [14], проведено моделирование лесовосстановления на территории Забайкальского края. Был выбран следующий порядок моделирования: ширина межполосного пространства 380 м; задавали ширину лесной защитной лесополосы; рассчитывали ширину лесной водопоглотительной полосы; проводили расчет выноса загрязняющих веществ; выполняли анализ влияния ширины лесных защитной и водопоглотительной полос на концентрации загрязняющих веществ в поверхностном стоке. Ширина водопоглотительной лесной полосы вдоль водоприемника для модельного водосбора р. Ингода составила 72,5–101,5 м (табл. 1).

Определена концентрация загрязняющих веществ в поверхностном стоке, прошедшем через лесополосу различной ширины, как процент

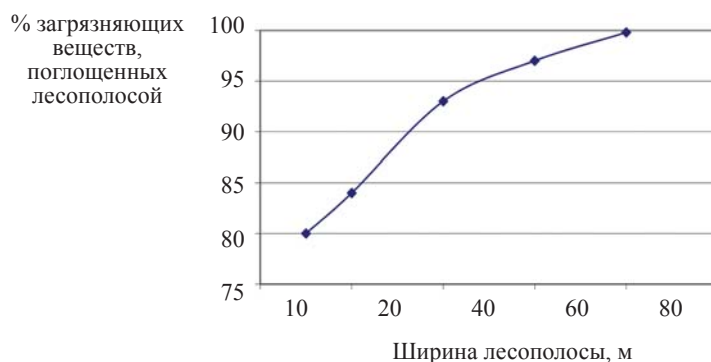


Рис. 10. Качественный состав поверхностных вод, формирующихся на территории с различной залесенностью бассейна.

Таблица 1. Расчетная ширина водопоглощительной лесной полосы вдоль водоприемника

Ширина лесосек, м	250	275	300	325	350
Ширина водопоглощительной лесной полосы, м	72,5	79,8	87,0	94,3	101,5

от концентрации загрязняющих веществ с гари. Ширину защитных лесополос можно подобрать, учитывая результаты расчетов, представленных в табл. 2.

По данным табл. 2 построены зависимости, приведенные на рис. 11.

Графические зависимости показывают, что с увеличением ширины защитной лесной полосы концентрации загрязняющих веществ в поверхностном стоке снижаются. Наилучший экологический эффект достигается при ширине защитной лесополосы, равной 60 м, т. к. именно эта залесенная площадь обеспечивает оптимальную защиту водотока. При дальнейшем увеличении защитной лесной полосы концентрации загрязняющих веществ изменяются незначительно (табл. 3).

Данные табл. 3 графически представлены на рис. 12.

Таким образом, рекомендуется лесовосстановительные работы в бассейне р. Ингода проводить по схеме, приведенной на рис. 13.

Вдоль водотока (ε) от уреза воды назначается водопоглощительная лесополоса (ϑ), повторяющая контуры водоприемника. Одновременно выделяются защитные лесополосы (a), обоснование назначения ширины которых приведено выше. Между ними оставлено межполосное пространство (δ)

Таблица 2. Расчет выноса загрязняющих веществ с водосбора р. Ингода при разной ширине лесозащитных полос

Ширина лесополосы, м	Нитраты, мг/л	Нитриты, мг/л	Фенолы, мг/л	Взвешенные вещества, мг/л	Сухой остаток, мг/л	Магний, мг/дм ³	Фосфаты, мг/л	Кальций, мг/дм ³
Гарь, среднее	4,52	0,25	0,04798	981,8	497	1,19	1,03	5,81
Результаты расчета								
10	0,9	0,05	0,0096	196,36	99,4	0,24	0,206	1,16
20	0,73	0,04	0,0077	157,09	79,52	0,20	0,16	0,93
40	0,32	0,02	0,0034	68,73	34,73	0,08	0,07	0,41
60	0,14	0,01	0,0015	29,45	14,91	0,04	0,04	0,17
80	0,01	0,0005	0,00008	1,97	1,00	0,002	0,002	0,02

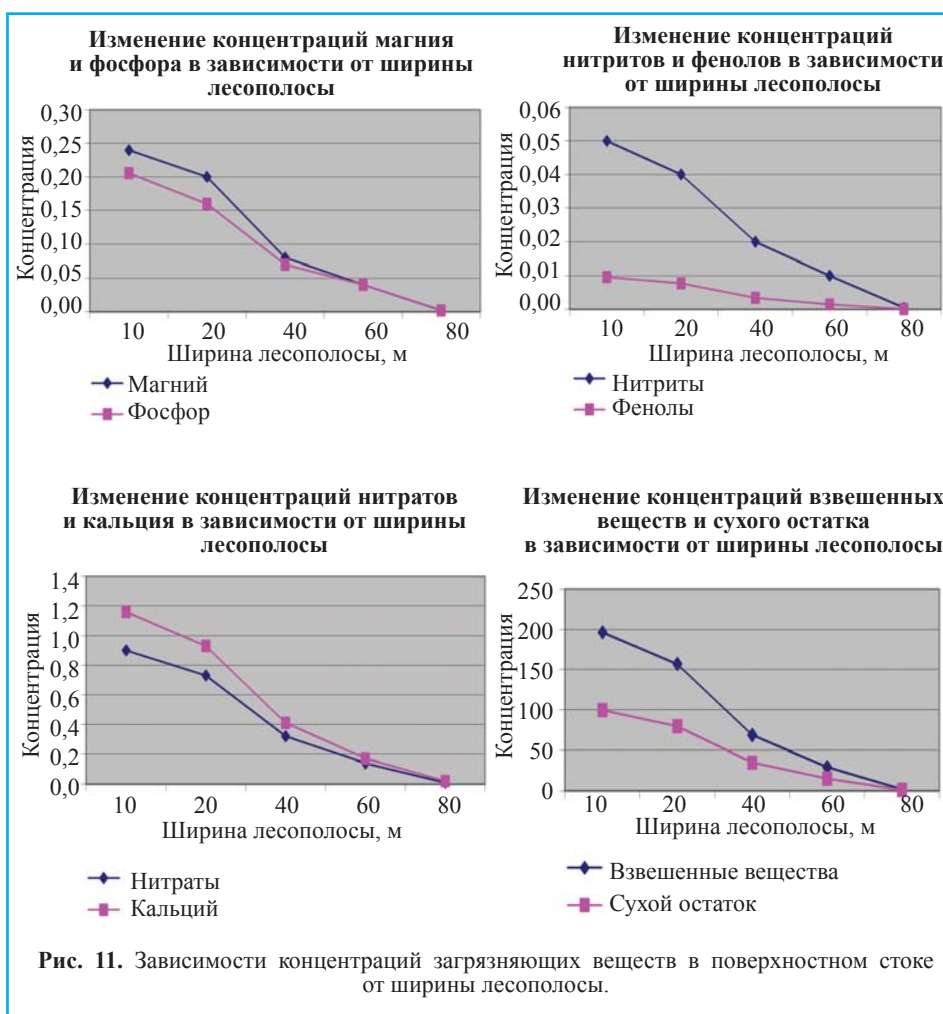


Таблица 3. Количество загрязняющего вещества в поверхностном стоке

Ширина лесополос, м	10–20	20–40	40–60	60–80	80–100	100–120
Содержание загрязняющего вещества в поверхностном стоке, прошедшем через лесополосу, % от гари	18,0	11,5	5,0	1,7	1,5	1,3

шириной 380 м. При данной схеме залесенность бассейна составляет 25–30 %. Это согласуется с данными Н.И. Костюкевича [15], где норма залесенности верховьев бассейна варьирует от 25 до 40 %. С учетом вышечисленных рекомендаций залесенность бассейна будет равномерная.

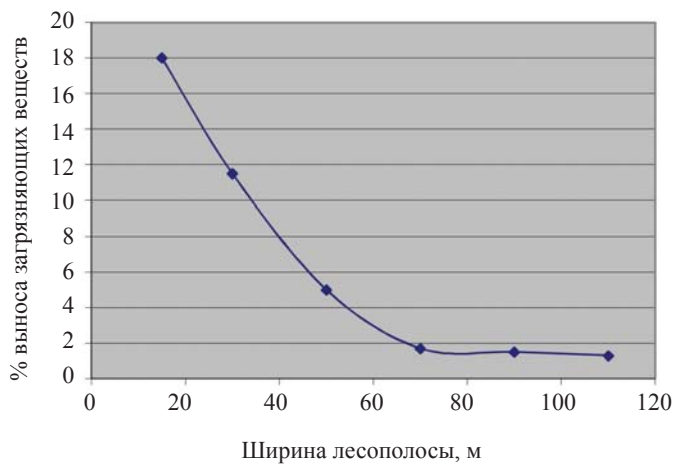


Рис. 12. Снижение содержания загрязняющих веществ в поверхностном стоке от ширины лесополосы.

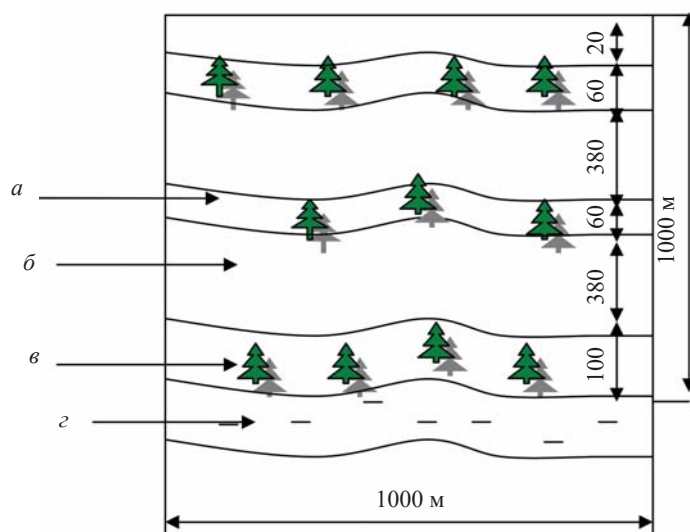


Рис. 13. Предлагаемое расположение лесополос в бассейне: *a* – защитная лесополоса; *б* – межполосное пространство; *в* – водопоглотительная лесная полоса; *г* – водоток.

Это позволяет обеспечить:

- регулирование поверхностного стока;
- борьбу с эрозией и охрану рек от поступления загрязняющих веществ;
- последующее самозарастание оставшихся незалесенных пространств.

Выводы

Сохранение существующего состояния водных объектов и последующего улучшения их качества требует проведения комплекса природоохранных мероприятий, прежде всего наблюдений, оценки существующего состояния, прогнозирования состояния.

Оптимальное решение вопросов охраны природных ресурсов возможно лишь при снижении антропогенного воздействия и наличии объективной информации о количественных и качественных показателях водотоков. Средний годовой сток при увеличении залесенности водосбора существенно снижается. Это объясняется тем, что значительная часть поверхностного стока перехватывается, расходуется на пополнение запасов грунтовых вод и транспирацию. На следующий год после пожара транзитный поверхностный сток значительно увеличивается.

Анализ натурных исследований в Забайкалье по влиянию залесенности на качественные характеристики водотока показал, что в бассейне р. Ингода с водосборной площади, подверженной пожару, выносятся значительно больше загрязняющих веществ, чем с залесенного участка. При этом характерными загрязняющими веществами являются взвешенные вещества, кальций, магний, нитраты, фосфаты, нитриты и фенолы.

Представленная схема лесовосстановления водосборов, подверженных пожарам, наилучшим образом удовлетворяет следующим принципам.

– Залесенная часть бассейна в устье реки выполняет, главным образом, противоэрозионно-кольматирующую роль, а в средней и верхней части – водоохранную. Учитывая почвозащитное значение залесенности, особенно если водоток протекает по горной местности, возникает возможность альтернативных решений по размещению лесонасаждений в зависимости от склонов, характера почвогрунтов, наличия водоупора и т. д.

– Использование смешанного состава насаждений при производстве лесовосстановительных работ будет способствовать одновременному поступлению поверхностных вод с залесенных и незалесенных водосборов в реки, что приведет к удлинению паводочных периодов и уменьшению пиков паводков.

– Для защиты берегов реки от размыва лесную полосу следует создавать вдоль русла рек, а для стокорегулирующего почвозащитного значения – по овражно-балочным системам и на склонах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 51592–2000. Вода. Общие требования к отбору проб. Введ. 01.07.2001. М.: Изд-во стандартов, 2010. 48 с.
2. Водосбор. Управление водными ресурсами на водосборе / под ред. А.М. Черняева. РосНИИВХ. Екатеринбург. 1994. 160 с.
3. *Спирidonov E.C.* Влияние лесной подстилки на изменение химических и бактериологических показателей стоковых вод // Лесной журнал. 1966. № 4. С. 46.
4. *Воронков П.П., Зубарева В.И.* Содержание питательных для растений соединений азота, фосфора и железа в водах различного происхождения // Тр. ГГИ. 1963. Вып. 102. С. 136–169.
5. *Кубин Э.* Экологические последствия лесовозобновления для окружающей среды // Лесовосстановление на Европейском Севере. Ванта. 1998. С. 221–226.
6. *Фирсова В.П.* Влияние рубок леса и огневой очистки лесосек на содержание и динамику воднорастворимых веществ в дерново-подзолистых почвах Зауралья // Почвоведение. 1965. № 9. С. 111–118.
7. *Попова Э.П.* Влияние низовых пожаров на свойства лесных почв Приангарья // Охрана лесных ресурсов Сибири. Красноярск: Институт леса и древесины, 1975. С. 166–178.
8. *Вербейко И.В.* Оценка влияния сплошных рубок на вынос биогенных элементов с малых лесных водосборов (на примере Карельского перешейка): автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. СПб. 2003. 178 с.
9. *Кондратьев С.А.* Оценка возможных антропогенных изменений стока и выноса биогенных элементов с малых водосборов лесной зоны на основании математической модели // Водные ресурсы. 1990. № 3. С. 24–32.
10. *Тарабукина В.Г., Савинов Д.Д.* Влияние пожаров на мерзлотные почвы. Новосибирск: Наука, 1990. 110 с.
11. *Горбачев В.Н., Дмитриенко В.К., Попова Э.П., Сорокин Н.Д.* Почвенно-экологические исследования в лесных биогеоценозах. Новосибирск: Наука, 1982. 185 с.
12. *Дробиков А.А.* Изменение физико-химических свойств воды под влиянием рубок // Лесоведение. 1973. № 3. С. 3–9.
13. *Филиппова Е.В.* Технология производства водорегулирующих и защитных лесных полос на горельнике и сплошных вырубках // Вестник ЧГУ. Чита. 2010. Вып. 3. С. 126–130.
14. *Николаенко В.Т.* Лес и защита водоемов от загрязнения. М.: Лесная промышленность, 1980. 264 с.
15. *Костюкевич Н.И.* О среднегодовом стоке в связи с изменением лесистости // Сб. научн. работ по лесному хозяйству. Вып. VI. Минск: Изд-во АН БССР, 1955. С. 109–127.

Сведения об авторе:

Филиппова Елена Владимировна, канд. техн. наук, научный сотрудник, ФГУП «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Восточный филиал, 672039, г. Чита-39, ул. Александрово-Заводская, 30; e-mail: vostokniivh@mail.ru