

**Оценка нарушенности состояния лесов южной части водосборного бассейна оз. Байкал**

© 2011. Т. А. Михайлова, д.б.н., зав. лабораторией,  
Л. В. Афанасьева, к.б.н., м.н.с., О. В. Калугина, к.б.н., н.с.,  
Сибирский институт физиологии и биохимии растений Сибирского отделения РАН,  
e-mail: mikh@sifibr.irk.ru

Проанализировано современное состояние лесов в бассейне р. Селенга – самого крупного притока оз. Байкал. На основе исследования показателей состояния древесных растений, а также данных о содержании химических элементов в хвое сосны проведено картографирование обследованной территории по уровню загрязнения и степени угнетения древостоев.

The contemporary state of forests in the basin of the Selenga River, the biggest inflow of Lake Baikal is analyzed. The indices of wood and the amount of chemicals in pine needles allowed to map the territory according to the contamination level and the degree of inhibition of the stands.

Ключевые слова: река Селенга, атмосферное промышленное загрязнение лесов

Key words: the Selenga River, atmospheric industrial pollution of forests

Водосборный бассейн оз. Байкал представляет собой обширную территорию площадью около 588 тыс. км<sup>2</sup>, из которых 315 тыс. км<sup>2</sup> находятся в России (рис. 1). Важнейшим средообразующим ресурсом водосборного бассейна являются леса, занимающие около 72% территории и формирующие до 80% водного стока в озеро [1]. Выполняя климаторегулирующие, водоохраные, противоэрозионные и другие экологически значимые функции, они обеспечивают устойчивое функционирование экосистемы оз. Байкал. Вместе с тем в настоящий период в условиях прогрессирующей антропогенной нагрузки на окружающую природную среду отмечается тенденция к снижению средозащитного и водорегулирующего потенциала лесных экосистем Байкальского региона [2].

Цель данной работы – проанализировать влияние основных негативных факторов на состояние лесов в бассейне самого крупного притока оз. Байкал – р. Селенга. В пределах РФ водосборная площадь реки, считая бассейны её главных притоков (Уды, Хилка, Чикоя, Джиды, Темника), составляет 148 тыс. км<sup>2</sup> [3]. Обследованная территория расположена в пределах административных границ двух субъектов РФ – Республики Бурятия и Забайкальского края. В Республике Бурятия на территории бассейна реки находятся 13 административных районов, в Забайкальском крае – 3, в целом они включают свыше

230 населённых пунктов, в которых проживает около 840 тыс. человек. При этом плотность населения варьирует от 0,7 до 12,1 чел./км<sup>2</sup>.

Территория исследований отличается значительным разнообразием орографических, климатических, гидрологических и почвенных условий. Рельеф горно-котловинный, сильнопересечённый с чередованием средневысотных хребтов (1000–1300 м), вытянутых в широтном направлении с юго-запада на северо-восток, с открытыми, замкнутыми и полузамкнутыми межгорными котловинами, днища которых лежат на высоте 500–700 м н.у.м. Климат резко континентальный с большими амплитудами колебаний годовой и суточной температур. Среднегодовая температура воздуха колеблется от –0,5 до –3,9 °С, среднегодовое количество осадков составляет 240–510 мм. Осадки распределены по территории неравномерно – наибольшее их количество выпадает на наветренных склонах хребтов, минимальное – в межгорных котловинах. Продолжительность безморозного периода – 90–120 дней [4].

Почвенный покров формируется преимущественно на хрящевато-щебнистом элювии гранитов, подверженных процессам выветривания до дресвы и грубого песчанистого материала. Основной фон составляют горнотаёжные почвы (литозёмы, дерно-подбуры, подзолы), которые в подтаёжных и лесостепных районах контактируют с серыми и каш-

тановыми. Длительное действие отрицательных температур в течение года замедляет биохимические процессы в почве, вследствие чего они обеднены рядом химических элементов и характеризуются низкой буферной способностью [5].

Около 70% территории бассейна р. Селенга покрыто лесами, при этом в их составе преобладают хвойные породы. Преимущественное распространение имеют горно-таёжные и подтаёжные сосновые и лиственничные леса. Площадь сосновых насаждений составляет 38,4% от лесопокрытой территории, на долю лиственничных насаждений приходится 25,8%, кедровников – 15,1%, пихтовых и еловых древостоев – 3,4%, мягколиственных пород – 17,3% [6]. Лесорастительные условия на большей части бассейна р. Селенга характеризуются как жёсткие. Длительный период низких температур, широкое распространение многолетней и сезонной мерзлоты, малоснежность, недостаточное количество осадков, малоплодородные почвы, короткий период веге-

тации обуславливают формирование здесь лесов низкой продуктивности – преимущественное распространение имеют древостои IV класса бонитета при полноте 0,4–0,6.

Леса бассейна р. Селенга подвергаются воздействию целого ряда негативных природных и антропогенных факторов, при этом влияние основных из них регистрируется природоохранными органами (табл. 1).

В прошлое столетие практически вся территория бассейна р. Селенга была пройдена бессистемными, нередко интенсивными рубками. Основная часть их проводилась преимущественно в спелых сосновых насаждениях в долине Селенги и в бассейнах ее притоков – Уды, Хилка, Чикоя, а также вдоль железнодорожных магистралей. Ежегодный объём лесозаготовок в 1960-е годы достигал 8 млн. м<sup>3</sup>, при расчётной лесосеке в 21,5 млн. м<sup>3</sup> [8]. В 1973 г. после перевода лесов бассейна оз. Байкал в I и II группы, а также утверждения новых правил рубок главного пользования расчётная лесосека неоднократно сокра-



**Рис. 1.** Карта-схема водосборного бассейна оз. Байкал:  
1 – государственная граница, 2 – граница водосборного бассейна оз. Байкал

Таблица 1

Динамика площадей нарушенных древостоев в бассейне р. Селенга в результате влияния ряда факторов [1, 7]

Год	Рубки главного пользования, тыс. м <sup>3</sup> /тыс. га	Лесные пожары, тыс. га	Энтомовредители, тыс. га
2003	590,6 / 5,7	262,6	154,9
2004	576,5 / 5,6	7,1	91,3
2005	650,8 / 6,3	16,9	52,7
2006	702,1 / 6,8	18,3	22,2
2007	961,0 / 9,3	90,1	9,8
2008	917,7 / 8,9	118,3	5,1
Всего за 6 лет	4398,7 / 42,6	513,6	336,0

щалась, и в настоящее время она составляет 8,1 млн. м<sup>3</sup>. Ежегодно в бассейне р. Селенга вырубается 12,3% расчётной лесосеки (около 1,0 млн. м<sup>3</sup> древесины), при этом основная доля рубок осуществляется в бассейне р. Хилок на территории Забайкальского края. Недоосвоение расчётной лесосеки вызвано целым рядом причин, в том числе тем, что выделенные леса труднодоступны, значительно удалены от пунктов потребления и переработки, либо находятся в водоохранной зоне оз. Байкал, где рубки сопряжены с большими затратами на использование щадящих технологий заготовки древесины. В то же время нередко регистрируются нелегальные рубки, проводимые зачастую в водоохранной зоне, где сохранились лесные ресурсы высокого качества. Так, только в 2005 г. объём нелегально вырубленного леса составил около 5 млн. м<sup>3</sup> [1]. В этом отношении неблагоприятная ситуация сложилась на территории бассейнов рек Уда, Хилок, Чикой.

Другой сильный негативный фактор, влияющий на состояние лесов водосборной территории оз. Байкал, – пожары. Как уже было отмечено, основной фон лесного покрова в бассейне р. Селенга образуют насаждения сосны и лиственницы, которые относятся к 1-2 классу пожарной опасности. Эта особенность светлохвойных лесов усугубляется засушливым климатом региона, вследствие чего леса подвергаются регулярному воздействию пожаров, а средняя продолжительность пожароопасного периода составляет 143 дня. Пирогенная дигрессия лесов снижает продуктивность насаждений и вызывает изреживание древостоев, приводящее к ухудшению хозяйственной ценности лесных массивов. В аридных условиях южной и юго-восточной частей бассейна р. Селенга, где лесистость по ряду районов не превышает 40%, интенсивные и часто повторяющиеся пожары усиливают тенденцию

к обезлесению. Здесь естественное возобновление затруднено, а в местах с легкоразвеваемыми песчаными почвами вообще исключается.

В горно-таёжных районах интенсивные пожары в сосняках на крутых склонах сопровождаются локальным обезлесением с образованием мозаики из погибших насаждений на фоне повреждённого, но ещё жизнеспособного леса [9]. За период 2003–2008 гг. было зарегистрировано 4,7 тыс. пожаров на общей площади свыше 500 тыс. га, что составляет примерно 5% лесопокрытой территории бассейна р. Селенга (табл. 1). Наибольшее их количество отмечается в окрестностях крупных населённых пунктов и вблизи основных транспортных путей.

В целом около 55% лесных насаждений бассейна р. Селенга нарушены пожарами и рубками и представлены различными стадиями восстановительных сукцессий [3]. В древостоях прослеживается изменение породного состава в сторону увеличения доли мелколиственных пород, в хвойных насаждениях изменяется возрастная структура – процент спелых и приспевающих древостоев снижается, молодняков – увеличивается. Особенно выражены эти изменения в сосновых лесах – за годы их промышленного освоения запасы сосняков значительно сократились, а их средний возраст в ряде районов не превышает 60–69 лет [7]. По возрастным группам сосновые насаждения распределены следующим образом: молодняки – 37%, средневозрастные – 35%, приспевающие – 7%, спелые и перестойные – 21% [10].

Ослабленные древостои становятся уязвимыми для насекомых-вредителей. Наибольшее влияние на состояние лесов бассейна р. Селенга оказывают филофаги – сибирский и непарный шелкопряды, хвойная волнянка, сосновая пяденица. За последние пять-шесть

лет очаги вредителей в лесах действовали на площади более 330 тыс. га. Так, вспышки сибирского шелкопряда отмечались в Прибайкальском, Хоринском и Заиграевском районах Республики Бурятия, при этом дефолиация крон деревьев кедра и пихты достигала 20–60%, погибло около 1,2 тыс. га ценных кедровых лесов. Массовое размножение непарного шелкопряда приурочено к засушливым периодам. В последние 10–12 лет наиболее крупные очаги этого вредителя действовали в Джидинском, Закаменском и Гусиноозерском районах, где дефолиация крон деревьев (лиственницы, берёзы, осины и др.) достигала 40–80%. Очаги хвойной волнянки и сосновой пяденицы наблюдались в Бичурском и Кяхтинском районах, где дефолиация крон деревьев сосны составила 20–60%, а площадь погибших насаждений – 3 тыс. га. Дальнейшее изменение жизненного состояния этих древостоев во многом зависит от интенсивности воздействия сопутствующих негативных факторов – насекомых-ксилофагов, грибных эпифитотий, засух, пожаров.

В последние десятилетия одним из значимых факторов, определяющих состояние лесов Байкальского региона, стало атмосферное промышленное загрязнение [11]. Однако статистические данные о площадях лесов водосборной территории, загрязняемых техногенными эмиссиями, в документах природоохранных органов отсутствуют. Вследствие этого нами были предприняты исследования сосновых насаждений бассейна р. Селенга, подвергающихся воздействию атмосферных выбросов расположенных здесь промышленных предприятий. Обследование лесов осуществлялось нами в 2001–2009 гг. на основе реперной сети, которая включала 59 пробных участков. Использовались общепринятые в лесном хозяйстве методики, а также международное руководство ICP Forests [12, 13]. При выборе пробных участков учитывалось расположение источников загрязнения, особенности рельефа местности, преобладающий региональный и локальный атмосферный перенос воздушных масс. На каждом пробном участке описывали лесорастительные условия, определяли морфо-структурные показатели состояния древостоя, отбирали пробы хвои для анализа элементного химического состава. Содержание элементов определяли методами фотоколориметрирования, атомно-абсорбционной спектроскопии, пламенной фотометрии [14, 15].

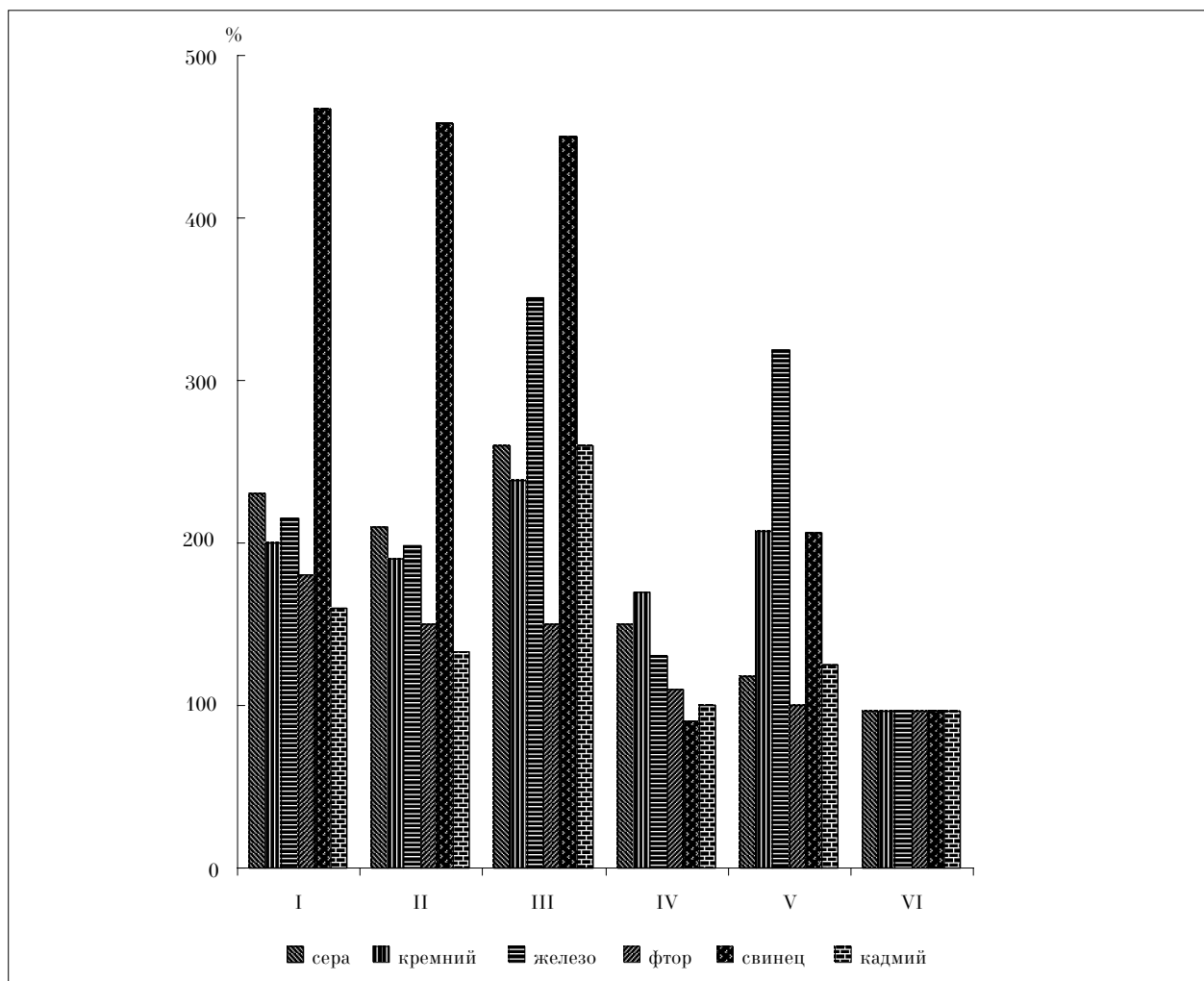
В бассейне р. Селенга располагаются Улан-Удэнский, Гусиноозёрский, Нижнесе-

ленгинский промузлы, ежегодный суммарный объём аэровыбросов от которых превышает 100 тыс. т [1]. Более мелкие селитебно-промышленные комплексы (Кяхтинский, Закаменский, Петровск-Забайкальский) характеризуются относительно низким уровнем атмосферного загрязнения (0,4–6,6 тыс. т в год). Кроме того, на этой территории ведутся разработки целого ряда месторождений (каменного угля, полиметаллических руд, строительных материалов), что приводит к замене природных ландшафтов на техногенно преобразованные [3].

Об уровне загрязнения лесов судили по накоплению в хвое сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) ряда элементов, присутствующих в выбросах: серы, кремния, фтора, железа, свинца, кадмия, ртути (рис. 2). Сосна была выбрана в качестве растения-индикатора, поскольку эта порода, помимо широкого распространения и важных лесообразующих функций, обладает высокой чувствительностью к атмосферному загрязнению [16]. Для оценки жизненного состояния древостоев определяли комплекс параметров, включающих в том числе показатели состояния ассимилирующей фитомассы: уровень дефолиации и дехромации крон деревьев, продолжительность жизни хвои, длину побегов, длину и массу хвои, содержание в хвое биогенных элементов.

По полученным данным составлена карта-схема, показывающая участки техногенного загрязнения лесов на этой территории (рис. 3). Согласно расчётам, общая площадь в разной степени загрязняемых насаждений в бассейне р. Селенга составляет около 700 тыс. га. Результаты показали, что в настоящее время загрязнение лесов на обследованной территории сосредоточено в окрестностях крупных промузлов и на расстоянии до 40 км от них, локальное загрязнение насаждений обнаруживается вблизи ряда населённых пунктов.

Характер загрязнения этой территории во многом обусловлен орографическими особенностями бассейна реки – сильно расчленённым рельефом, относительно высокими хребтами, расположением промузлов в пределах замкнутых и полузамкнутых котловин. Эти особенности препятствуют распространению аэропромвыбросов на значительные расстояния, вследствие чего трансрегиональный перенос аэровыбросов здесь, в отличие от Предбайкалья, небольшой и наблюдается в основном на южном и юго-восточном побережье оз. Байкал.

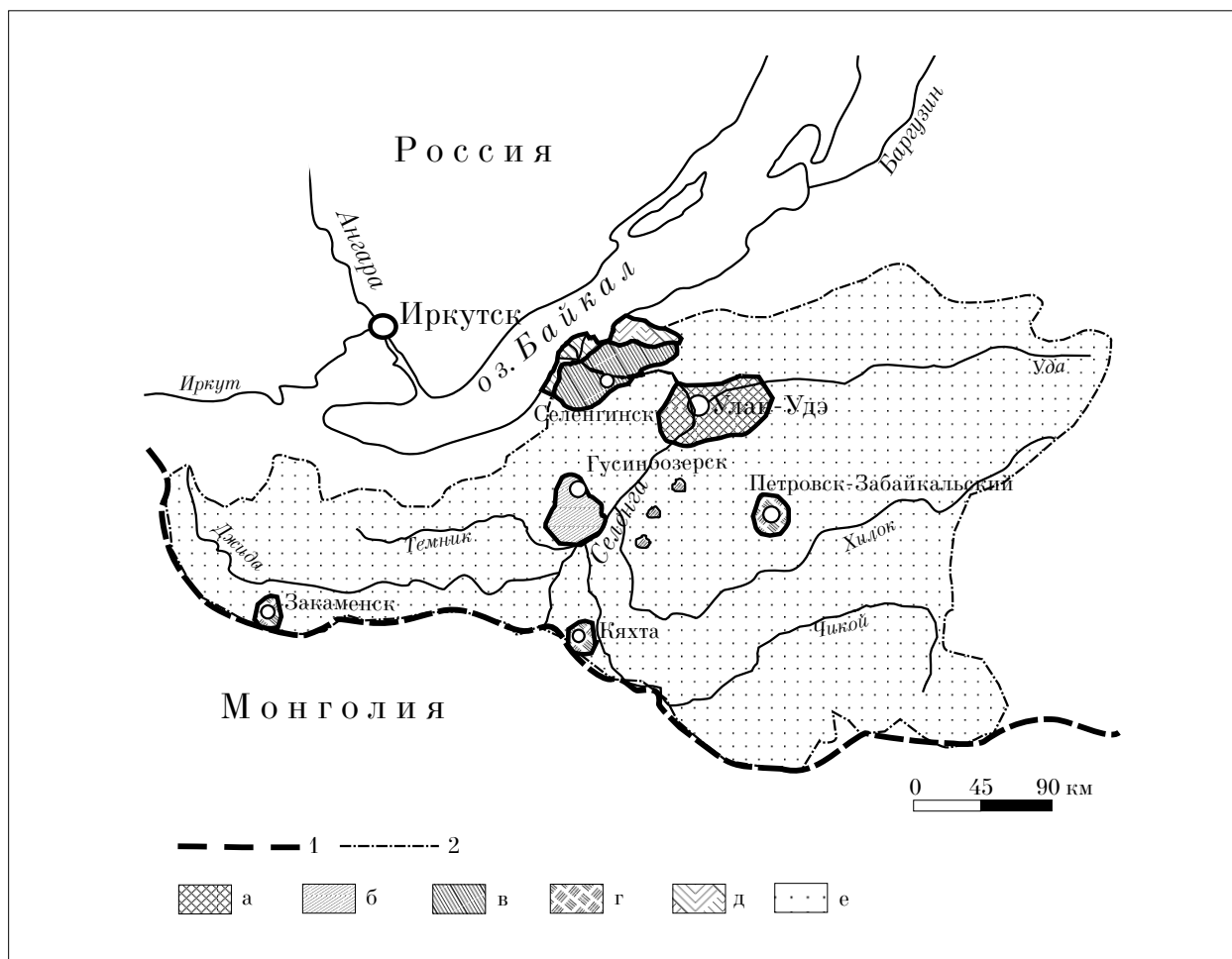


**Рис. 2.** Превышение (в %) фоновых концентраций элементов-поллютантов в хвое сосны на территориях, загрязняемых промузлами и селитебно-промышленными комплексами: I – Улан-Удэнским, II – Гусиноозёрским, III – Нижнеселенгинским, IV – Кяхтинским, V – Петровск-Забайкальским; VI – фоновая территория

Известно, что средообразующие функции леса определяются возрастом и степенью развития древостоя и прямо пропорциональны величине фитомассы, приходящейся на единицу площади или содержащейся в единице объёма пространства. При этом наибольшей экологической эффективностью характеризуются высоко- и среднебонитетные, среднеполнотные, средневозрастные и приспевающие насаждения [17].

Как показали результаты наших обследований, загрязняемые леса бассейна р. Селенга ослаблены, вследствие чего средообразующие функции их снижены. Воздействие промышленных эмиссий привело к нарушению состояния ассимилирующей фитомассы древостоев, о чём свидетельствуют изменения ростовых показателей хвои и побегов, а также снижение уровня биогенных элементов в хвое (табл. 2).

У деревьев, произрастающих вблизи промузлов, в 1,5-2 раза снижаются длина и масса хвои и побегов по сравнению с фоновыми значениями, до трёх лет сокращается продолжительность жизни хвои, наблюдается высокий уровень дефолиации крон, максимально достигающий 60%. В результате преждевременного опадения хвои в кронах появляется большое количество обесхвоенных ветвей, изменяется форма кроны, в ряде случаев наблюдается суховершинность. На 35–40% снижается радиальный прирост ствола [18]. На деревьях отмечаются следы пожаров, раковые заболевания, механические повреждения. Как правило, у таких древостоев изменяется возрастная структура – сокращается доля молодняка, подрост полностью отсутствует, преобладают спелые деревья V класса бонитета, полнота древостоя часто снижается до 0,3. Такие древостои отнесены нами к сильно угнетённым.



**Рис. 3.** Карта-схема техногенного загрязнения лесостоев в бассейне р. Селенга. 1 – государственная граница, 2 – граница района обследований; а–д – загрязнённые территории: а – аэровыбросами Улан-Удэнского промузла, б – аэровыбросами Гусиноозёрского промузла, в – аэровыбросами Нижнеселенгинского промузла, г – участки локального загрязнения, д – участки трансрегионального загрязнения; е – незагрязнённые территории

**Таблица 2**

Показатели жизненного состояния сосновых лесостоев в бассейне р. Селенга

Параметры	Местоположение лесостоев (расстояние от промузлов)			Фоновые лесостои
	1–16 км	16–40 км	40–60 км	
Продолжительность жизни хвои, лет	3	3-4	5	5-6
Масса хвои на побеге, г	1,6±0,1	1,9±0,1	2,7±0,1	3,1±0,2
Длина хвои, см	4,1±0,2	4,6±0,4	5,5±0,3	5,9±1,8
Длина побега, см	7,3±0,4	11,8±0,5	12,9±0,7	13,8±0,7
Охвоенность побега, количество хвоинок	100,3±7,5	107,4±8,3	125,2±9,2	157,2±9,5
Соотношение белкового и небелкового азота в хвое	3,18±0,15	4,34±0,10	5,48±0,05	6,22±0,10
Содержание калия в хвое, % от сух. массы	0,29±0,03	0,33±0,02	0,36±0,01	0,39±0,01
Содержание фосфора в хвое, % от сух. массы	0,14±0,01	0,15±0,04	0,16±0,03	0,18±0,03

На расстоянии от 16 до 40 км от промузлов и вблизи некоторых населённых пунктов (г. Кяхта, пос. Тарбагатай) дефолиация крон деревьев составляет 40–45% за счёт недоразвития, повреждения и преждевременного опадения хвои, сокращения прироста побегов. Ра-

диальный прирост ствола уменьшается в среднем на 25%. Возрастная структура лесостоя в целом не меняется – средневозрастные, припевающие или спелые деревья формируют одновозрастные или группово-разновозрастные лесостои с полнотой 0,4-0,5. Как правило, это



чистые сосняки IV класса бонитета, иногда с примесью лиственницы, берёзы или осины, с развитым подростом сосны. Такие древостои отнесены к средне угнетённым.

На удалении от 40 до 60 км от промузлов и в окрестностях г. Петровск-Забайкальский, где наблюдается низкий уровень загрязнения, древостои характеризуются небольшим подавлением ростовых процессов и соответственно слабым нарушением жизненного состояния. Эти древостои отличаются от фоновых повышенной дефолиацией крон деревьев, составляющей около 35%. Другие параметры также не соответствуют фоновым показателям – продолжительность жизни хвои не превышает 5 лет, масса и длина хвои и побегов уменьшены, подавление линейного и радиального прироста на уровне 10%. Большинство древостоев средневозрастные, приспевающие, спелые, одновозрастные или группово-разновозрастные IV класса бонитета с полнотой 0,4-0,7. В них отмечаются следы пожаров, нелегальных ру-

бок, а также очаги воздействия насекомых-вредителей. Такие древостои относятся к слабо угнетённым.

Фоновые (относительно здоровые) основные древостои бассейна р. Селенга в целом не имеют выраженных следов повреждения крон, стволов, а также других признаков ослабления. Для них характерна хорошо развитая крона с густой зелёной хвоей без видимых признаков повреждения или изменения цвета, со средними для описываемых лесорастительных условий показателями прироста побегов и хвои. Продолжительность жизни хвои составляет 5-6, иногда 7 лет. Интенсивность изреживания крон (дефолиация) не превышает 30%. В основном это чистые по составу, иногда с примесью лиственницы, а на водораздельных возвышенностях – кедра, древостои, одновозрастные или группово-разновозрастные, спелые, приспевающие или средневозрастные с полнотой 0,4-0,7. Класс бонитета III-IV.

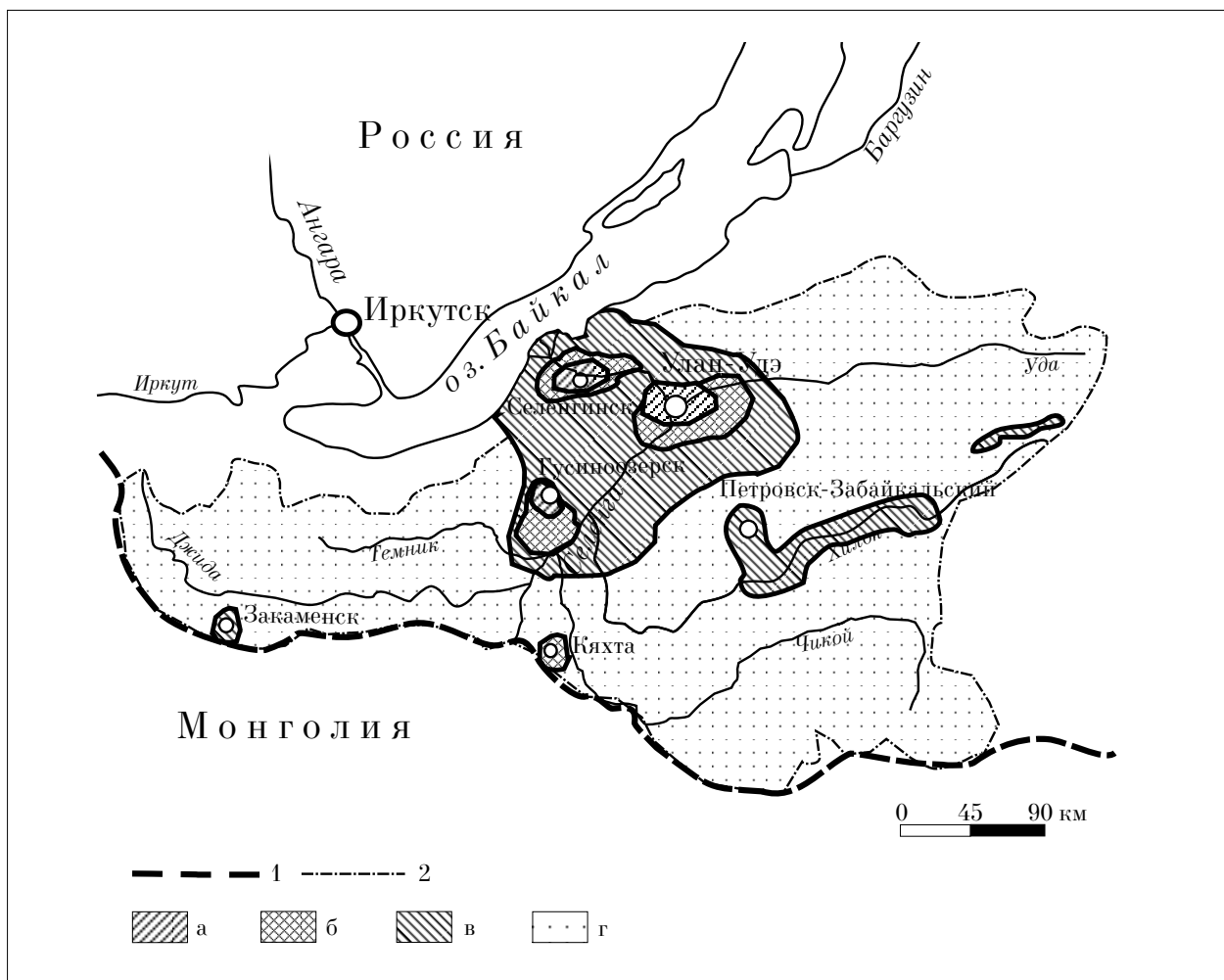


Рис. 4. Карта-схема угнетения древостоев в бассейне р. Селенга. 1 – государственная граница, 2 – граница района обследований; угнетение древостоев: а – сильное, б – среднее, в – слабое; г – фоновые (относительно здоровые) древостои

По полученным данным составлена карта-схема, отражающая территории с разной степенью угнетения насаждений (рис. 4). Согласно карте, общая площадь древостоев сильной степени угнетения составляет около 140 тыс. га, древостоев средней степени угнетения – 474 тыс. га, древостоев слабой степени угнетения – более 1,5 млн. га. Необходимо отметить, что к угнетённым относятся не только древостои, испытывающие влияние аэропромвыбросов, но и насаждения, ослабленные другими факторами, в том числе пожарами, рубками, насекомыми-вредителями, засухой. Например, в среднем течении р. Хилок нарушенность древостоев вызвана интенсивными рубками, пожарами, разработкой месторождений. На хребтах Боргойском, Заганском, Цаган-Хуртей, Улан-Бургасы очень жёсткие лесорастительные условия (небольшое количество осадков при высокой инсоляции, горные малопродуктивные каменистые почвы) служат причиной распространения низкостелых насаждений.

Фоновые (ненарушенные) насаждения, как правило, значительно удалены от промузлов и в целом на обследованной территории занимают обширную площадь – около 6 млн. га.

Подводя итог изложенному, следует подчеркнуть, что леса бассейна р. Селенга характеризуются низким экологическим потенциалом, что связано как со спецификой лесорастительных условий, создающих предпосылки для произрастания на этой территории низкостелых насаждений, так и с нарушением лесов в результате возрастающего антропогенного воздействия. Полученные нами данные показывают, что помимо пожаров, несанкционированных рубок, распространения насекомых-вредителей к значимым факторам, снижающим средообразующие функции лесов на этой территории, относится атмосферное промышленное загрязнение.

## Литература

1. Государственный доклад «О состоянии оз. Байкал и мерах по его охране в 2008 г.». Иркутск: Росгеолфонд, 2008. 455 с.

2. Тулохонов А.К. Байкальский регион: Проблемы устойчивого развития. Новосибирск: Наука, 1996. 208 с.  
3. Экосистемы бассейна Селенги. М.: Наука, 2005. 359 с.  
4. Энциклопедия Забайкалья. Т. I. Новосибирск: Наука, 2002. 418 с.

5. Цыбжитов Ц.Х., Убугунова В.И. Генезис и география таёжных почв бассейна оз. Байкал. Улан-Удэ: Бурят. кн. изд-во, 1992. 240 с.

6. Пунцукова С.Д. Лесные ресурсы бассейна реки Селенги // География и природные ресурсы. 2010. № 4. С. 62–68.

7. Лесной план Республики Бурятия. Книга 1. Улан-Удэ, 2008 URL: <http://www.alh-rb.ru/>.

8. Боржонов К.Т., Пунцукова С.Д., Тугутов В.Е. Лесной комплекс Байкальского региона. Новосибирск: Наука, 1982. 88 с.

9. Евдокименко М.Д. Пирогенная дигрессия светлых лесов Забайкалья // География и природные ресурсы. 2008. № 2. С. 109–116.

10. Медведев Н.Е. Леса и лесное хозяйство Бурятии. Улан-Удэ. 2004. 232 с.

11. Михайлова Т.А., Плешанов А.С., Афанасьева Л.В. Картографическая оценка загрязнения лесных экосистем Байкальской природной территории техногенными эмиссиями // География и природные ресурсы. 2008. № 4. С. 18–24.

12. ОСТ 16128-90. Пробные площади лесоустроительные. М.: ГОСЛЕСХОЗ СССР, 1990. 8 с.

13. Manual on Methodologies and Criteria for Harmonized Sampling, Assessment, Monitoring and Analysis of the Effects of Air Pollution on Forests. Hamburg, Prague: United Nations Environment Programme and Economic Commission for Europe, 1994. 477 p.

14. Методы биохимического исследования растений. Л.: Агропромиздат, Ленингр. отд., 1987. 430 с.

15. Пройдакова О.А., Цыханский В.Д., Матвеева Л.Н., Гормашева Г.С., Халтуева В.К. Физико-химические методы при определении макро- и микроэлементов в объектах окружающей среды // Геохимия техногенеза. Новосибирск: Наука, 1986. С. 124–130.

16. Rozhkov A.S., Mikhailova T.A. The Effect of Fluorine-Containing Emissions on Conifers - Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 1993. 143p.

17. Протопопов В.В. Средообразующая роль темнохвойного леса. Новосибирск. 1975. 328 с.

18. Voinikov V.K., Voronin V.I., Mikhailova T.A., Pleshanov A.S. Baikal Region: Complex Assessment of Weakening of Forest Ecosystems Caused by Atmospheric Emissions // Contemporary Problems of Ecology. 2008. V. 1. № 6. P. 633–638.