

существенные финансовые вложения на изучение специфики вещественного состава техногенного золотосодержащего сырья и технологические разработки. Наличие действенных мер государственной поддержки в области научно-технологического обеспечения развития минерально-сырьевой базы золота за счет нетрадиционных промышленных месторождений, позволило бы в значительной мере ускорить создание отраслевых предприятий по переработке золотосодержащих отходов на долгосрочную перспективу. Кроме того, включение научно-технологических исследований в состав соответствующих федеральных программ послужило бы для недропользователей существенной мотивацией для развертывания работ по переработке отходов горнопромышленного производства уже в ближайшее время. Именно на решение этих задач нацелено принятие Правительством РФ в 2018 г. «Стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года» [4] и «Стратегии развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2035 года» [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лодейщиков, В.В.* Технология извлечения золота и серебра из упорных руд: в 2-х томах / В.В. Лодейщиков. — Иркутск: ОАО «Иргиредмет», 1999.
2. *Орлов, В.П.* Минерально-сырьевая база золота России: ожидания и реальность / В.П. Орлов // Золотодобыча. — 2018. — № 232. — Март. URL: <http://www.myshared.ru/slide/904206/> (дата обращения 15.01.2019 г.).
3. *Петровская, Н.В.* Самородное золото / Н.В. Петровская. — М.: Наука, 1973. — 347 с.
4. *Распоряжение* правительства РФ от 25 января 2018 г. № 84-р «Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года».
5. *Распоряжение* Правительства Российской Федерации от 22 декабря 2018 г. № 2914-р «Стратегия развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2035 года».
6. *Рациональное использование недр: проблемы и пути решения* / Л.З. Быховский, Г.А. Машковцев, Б.Г. Самсонов, Е.М. Эпштейн // Геологические методы поисков, разведки и оценки месторождений твердых полезных ископаемых. Обзор. — М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1997.
7. *Целюк, Д.И.* Особенности развития техногенеза в намывных накопителях промышленных отходов / Д.И. Целюк, О.И. Целюк. — Красноярск: КНИИГиМС, 2018. — 358 с.

© Целюк Д.И., Целюк О.И., 2019

Целюк Денис Игоревич // tselukdi@mail.ru
Целюк Игорь Николаевич // intseluk@mail.ru

ОХРАНА НЕДР И ЭКОЛОГИЯ

УДК 581.5+551.579.2

Онучин А.А., Шишкин А.С., Коростелева Ю.А.
(Институт леса им. В.Н. Сукачева Сибирского
отделения РАН — обособленное подразделение ФИЦ
КНЦ СО РАН)

ОЦЕНКА ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ ПРОКЛАДКИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПРОФИЛЕЙ В СРЕДНЕЙ ТАЙГЕ ЮЖНОЙ ЭВЕНКИИ

Впервые дана оценка воздействия прокладки геофизических профилей шириной 4 м на природные экосистемы южной Эвенкии. Профили незначительно повысили снегоаккумулирующие функции ландшафтов (на 0,25 мм или 1 % от общей суммы среднесезонных твердых осадков). С учетом межсезонных естественных колебаний выпадения осадков, прокладка геофизических профилей не может повлиять на поверхностный сток. **Ключевые слова:** антропогенные нарушения растительности, снегонакопление, лиственничные леса, геофизические профили, Эвенкия.

Onuchin A.A., Shishikin A.S., Korosteleva Yu.A. (Institute of the wood of V.N. Sukachyov of the Siberian office of RAS)

ASSESSMENT OF HYDROLOGICAL CONSEQUENCES OF LAYING OF GEOPHYSICAL PROFILES IN THE AVERAGE TAIGA OF THE SOUTHERN EVENKIA

Ecological effect of disturbance of natural ecosystems under the influence of geophysical profiles construction discussed in the paper. The assessment of the impact of man-made ecosys-

*tems on the environment of Southern Evenkia is given. The creation of profiles is not significantly increased snow accumulating landscape functions (0.25 mm or 1 % of the total mean value of solid precipitation). In view of the of inter-seasonal variations of precipitation, cutting of geophysical profiles through the wood cannot affect the surface runoff. **Keywords:** anthropogenic disturbances of vegetation, snow accumulation, larch forests, geophysical profiles, Evenkia.*

Введение

Оценка антропогенного воздействия на природные экосистемы становится одним из факторов формирования политики природопользования. Объективность и непредвзятость такого рода оценок обеспечит принятие верных решений относительно стратегий природопользования, обеспечивающих динамичное развитие экономики регионов и одновременно сохранение экологического баланса природных комплексов. Эта проблема имеет важное значение в регионах интенсивного освоения нефтегазовых месторождений, к которым относится территория южной Эвенкии. Оценка форм и механизмов техногенного воздействия на социально-природные условия ранее не нарушенных территорий — актуальная задача современности. Важно ранжировать факторы по степени изменения ландшафтной структуры и динамических процессов, особенно в условиях вечной мерзлоты, когда последствия могут иметь опосредованное влияние.

Цель работы — определение степени изменения гидрологического режима территорий при прокладке

геофизических профилей. Полученные результаты могут использоваться при обосновании и расчете ущербов, адресных компенсационных платежей, для разработки региональных и отраслевых нормативов оценки воздействия разведки нефтегазовых месторождений.

Характеристика района исследований

Исследования проводились в южной части Эвенкийского муниципального района Красноярского края, на территории Байкитского лесничества. Район исследований расположен в среднетаежной подзоне на юго-западе Среднесибирского плоскогорья среднего течения р. Подкаменная Тунгуска.

Абсолютные отметки местности 140–240 м — в поймах рек и 320–500 м — на водоразделах. Многолетняя мерзлота имеет островное распространение мощностью от 4 до 60 м. Глубина сезонно оттаивающего слоя 1–2 м. Соотношение по площади многолетне- и сезонномерзлых пород примерно 1:1.

Климат района исследований резко континентальный, что проявляется в преобладании ярко выраженных антициклональных условиях погоды, маловетрии, морозной, сухой и безоблачной зиме, наличии вечной мерзлоты, жарком коротком лете, суховеях, инверсии температур, приводящей к рельефной мозаичности растительности, а также резкой смене сезонов года.

Почвенный покров характеризуется широким распространением таежных маломощных скелетных почв, подзолистых (местами дерново-подзолистых) — на легких грунтах и торфяно-болотных почв, развитых в депрессиях рельефа и по долинам водотоков. Болотные почвы, как правило, мерзлотные, даже если имеют маломощный торфяной пласт.

Район исследования относится к Байкитскому округу среднетаежных лиственничных и горнотаежных темнохвойных лесов Эвенкийской провинции [3]. По В.П. Кутафьеву [2] — это южная часть лесорастительной провинции Эвенкийских лиственничных и сосновых лесов, которой характерна вертикальная поясность: нижний пояс — светлохвойных лесов, средний — горнотаежных и подгольцовых темнохвойных лесов и верхний — гольцово-тундровый пояс. По эколого-экономическому районированию территория расположена в Чунском плоскогорном лиственничных среднетаежных лесов субэкорегиионе Тунгусского среднетаежного экорегиона [9, 10]. Здесь распространены солифлюкционные процессы, развитию которых способствуют ливневые осадки и низкая дренированность грунтов [5].

Объекты и методы исследований

Объектом изучения служила модельная территория воздействия геофизических профилей 3Д на площади 425 км², которые прокладываются сеткой со сторонами 300×300 м. Профили пунктов приема чередуются с профилями пунктов возбуждения, на которых проводятся взрывы в одиночных скважинах глубиной 6–10 м. Под скважины через 50 м по профилю бульдозером готовятся площадки 3×3 м. Общая

протяженность профилей шириной 4 м — 2890 км, площадью — 1156 га, что составляет 2,7 % от площади оценки месторождения. Все разведочные работы по прорубке профилей и геофизические изыскания проводятся зимой, после промерзания грунта и возможности прямолинейного передвижения тяжелой техники. В таких условиях не происходит существенное нарушение живого надпочвенного покрова и минерализация почв. Очаги линейной эрозии образуются только в случаях, когда профили используются летом в качестве транспортных магистралей другими пользователями.

При проведении снегосъемки использовались общепринятые методики изучения снежного покрова в лесу и на открытых участках [11]. На профилях проводилось 15 замеров высоты снежного покрова по одной промерной линии, через каждые 5 м, снегомерной рейкой с точностью до 1 см. Плотность снега определялась в трехкратной повторности — в начале, середине и в конце промерной линии. На расстоянии 30 м от профиля проводились снегомерные съемки на фоновых участках, покрытых растительностью. Замеры выполнялись по трем промерным линиям параллельным профилю и расположенным друг от друга на расстоянии 5 м. Измерение высоты снежного покрова на каждой промерной линии проводилось с таким же шагом, как и на профилях (5 м). Плотность снега измерялась в трехкратной повторности для каждого фонового участка (по одному замеру в середине каждой промерной линии). Средние значения запасов воды в снежном покрове рассчитывались на основе усредненных данных по высоте и плотности снежного покрова.

Снегосъемка проводилась на геофизических профилях, ориентированных в различных направлениях и проходящих по склонам различных экспозиций и по выровненным участкам. В качестве фона представлены насаждения различного возраста, состава и полноты, а также гари и редины. Измерения снега проводились в период максимальных запасов воды в снежном покрове (вторая половина марта 2014 г.). Всего для анализа особенностей снегонакопления на профилях и в прилегающих насаждениях использовано 28 пар снегомерных пунктов (табл. 1).

Для оценки различий снегоаккумулирующих способностей насаждений и геофизических профилей использовался метод сравнения снегозапасов, когда в качестве критериев для лесных территорий используется коэффициент снегозапаса [7, 8], а безлесных — коэффициент сохранения осадков.

Снегозапасы в пунктах измерения на профилях и в лесу сравнивались со снегозапасами на небольших открытых участках, принимаемых в качестве эталонов или больших естественных осадкомеров [1, 4, 6, 11, 12]. Диаметр таких полей равен двойной–тройной высоте стен окружающего леса [7]. Всего в работе использовано 14 таких эталонных участков, расположенных в непосредственной близости от парных снегомерных пунктов. Несоответствие между количест-

Таблица 1
Характеристика снегомерных пунктов

№ пунктов	Координаты, град. (сш/вд) и направление профиля	Характеристика прилегающих к профилям насаждений по ярусам*	ВУМ, м	Экспозиция склона
1	60,698/96,371 — В:З	6КЗЛ1Б (0,7/17)	540	Плато
2	60,842/96,636 — С:Ю	1 Яр.10Л (0,3/12) 2Яр10Е (0,4/6)	410	С
3	61,063/96,576 — С:Ю	1 Яр.10Л (0,3/10) 2 Яр.10Е (0,2/7)	360	Плато
4	61,281/96,231 — ЮЮВ:ССЗ	1 Яр.7ЛЗЕ (0,4/16) 2 Яр. 10Е (0,3/10)	360	ЮЮВ
5	61,306/96,245 — ЮЗ:СВ	10Б (0,8/10)	520	Плато
6	61,485/96,255 — С:Ю	4К4Л2Б (0,8/10)	460	Плато
7	61,695/96,470 — С:Ю	10Б (0,8/9)	450	Плато
8	61,735/96,517 — СЗ:ЮВ	8Ос2Б (0,7/11)	620	Плато
9	61,874/96,672 — С:Ю	5Л5Б (0,6/12)	540	ЮВ
10	60,551/97,550 — С:Ю	7ЕЗЛ (0,6/12)	220	Ю
11	60,510/97,464 — СЗ:ЮВ	7К1Е1Б1Л (0,8/18)	400	Плато
12	60,513/97,464 — З:В	8Л2К (0,7/18)	390	СВ
13	60,513/97,464- Ю:С	8Л2К (0,7/18)	400	СВ
14	60,511/97,464 — З:В	1 Яр 10Л (0,4/21) 2 Яр 8Е1К1Б (0,6/ 12)	400	СВ
15	60,511/97,464- Ю:С	1 Яр 10Л (0,4/21) 2 Яр 8Е1К1Б (0,6/ 12)	400	СВ
16	60,512/97,464 — Ю:С	3Л3К2Е2Б (0,8/20)	400	ЮЗ
17	60,514/97,464-Ю:С	10Л (0,3/22)	400	ЮЗ
18	60,493/97,437 — ЮЗ:СЗ	1 Яр 8Л2К (0,4/20) 2 Яр 7Е3К (0,3/14)	450	В
19	60,493/97,437 — ЮЗ:СВ	1 Яр 8Л2К (0,4/20) 2 Яр 7Е3К (0,3/14)	450	В
20	60,486/97,426 — ЮЮЗ:ССВ	1 Яр 6Л3К1Е (0,6/20) 2 Яр 6Е4К (0,3/ 12)	470	В
21	60,486/97,426 — ВЮВ:ЗСЗ	1 Яр 6Л3К1Е (0,6/20) 2 Яр 6Е4К (0,3/ 12)	470	В
22	60,480/97,416 — ЮЮЗ:ССВ	1 Яр 3Л7К (0,4/20) 2 Яр 7Е3К (0,4/14)	430	З
23	60,480/97,416 — ВЮВ:ЗСЗ	1 Яр 3Л7К (0,4/20) 2 Яр 7Е3К (0,4/14)	430	З
24	60,252/97,331 — С:Ю	6Б3Л1К+ЕП ед.С (0,4/5)	530	З
25	60,252/97,331 — В:З	6Б3Л1К+ЕП ед.С (0,4/5)	530	З
26	59,506/97,936 — С:Ю	10 Ос (0,6/4)	340	Плато
27	58,788/97,889 — З:В	10 Ос (0,8/8)	340	Плато
28	58,788/97,889 — З:В	9С1Б (0,9/8)	340	Плато

*формула древостоя — в скобках полнота в долях от единицы / высота древостоя в метрах

вом эталонных участков и пар снегомерных пунктов обусловлено тем, что одна поляна могла служить эталоном для 2–3 пар снегомерных пунктов, различающихся по ориентации профилей и экспозиции склонов, но расположенных на относительно небольшом (до 200 м) расстоянии друг от друга. Снегосъемки на эталонах проводились по той же методике, как и на фоновых участках.

Коэффициенты сохранения твердых атмосферных осадков, выраженные в процентах, характеризуют снегоаккумулирующие способности насаждений и геофизических профилей, что позволяет судить о различиях потери снеговой влаги на объектах исследований. Полученные данные обрабатывались методом множественного регрессионного анализа с использованием программных средств Statistica 6.

Результаты и их обсуждения

Анализ полученных результатов свидетельствует, что на профилях снега накапливается в среднем на 6 %

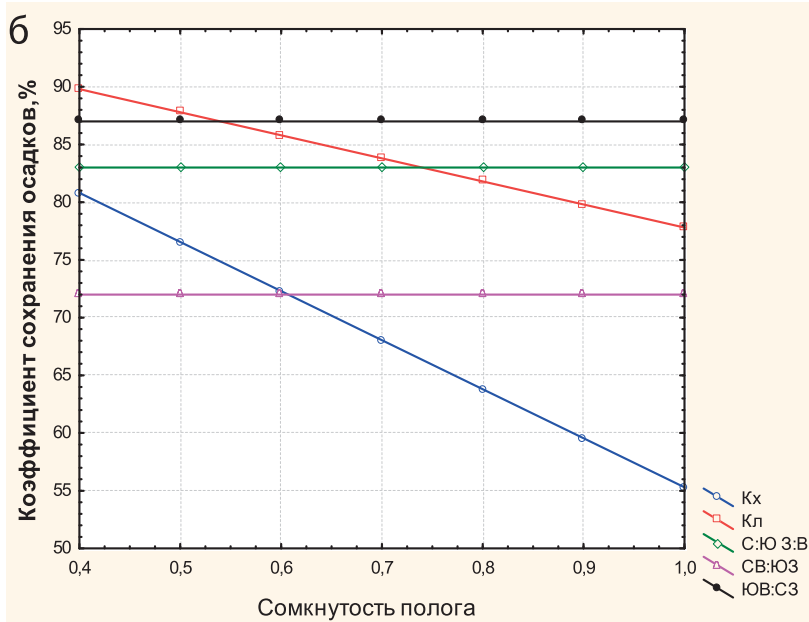
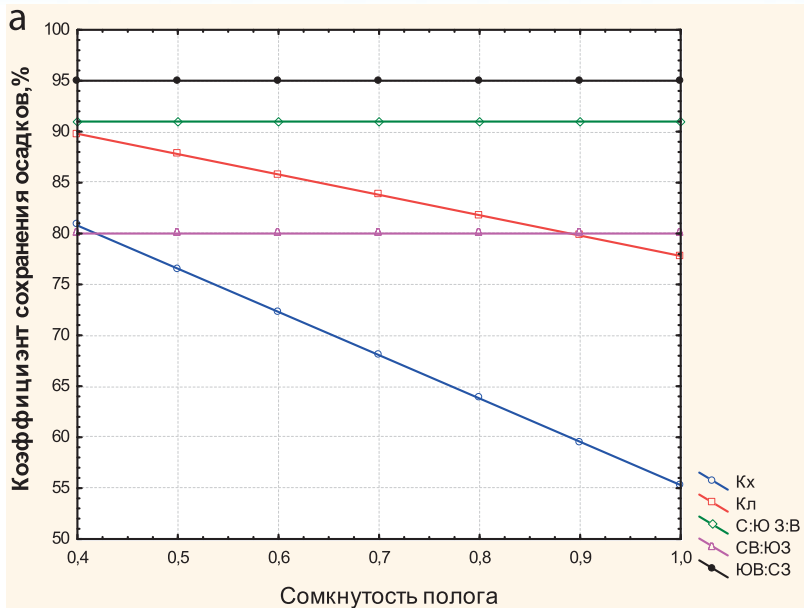
больше, чем на прилегающих к ним насаждениях. При этом заметное превышение (более чем на 10 %) снегозапасов в лесу над профилями отмечалось только в 4 случаях из 28, а на профилях такое превышение наблюдалось в 12 случаях. Снегозапасы в лесу были всегда выше, чем на профилях, когда те проходили через производные лиственные леса или были ориентированы в направлении север — юг, северо-восток — юго-запад вследствие абляции снега, обусловленной солнечной радиацией (табл. 2).

В процессе обработки экспериментальных данных получена модель, отражающая сохранение твердых атмосферных осадков на профилях:

$$K = 80 + 15 * \sin \alpha - 8 * E \quad (1)$$

$$R^2 = 0,37 \quad G = 7,4 \quad F = 6,5,$$

где K — коэффициент сохранения твердых атмосферных осадков, мм; α — угол между направлением на



Сравнение коэффициентов сохранения осадков под пологом еловых, сосновых, пихтовых и кедровых (Кх) и лиственничных (Кл) древостоев различной полноты и на геофизических профилях различного направления: а) — ровные поверхности и склоны всех экспозиций за исключением южных; б) — склоны южных экспозиций

северо-восток и направлением профиля, град.; Е — показатель учитывающий ориентацию склонов (для склонов южной экспозиции принимается равным 1, для склонов иных экспозиций — принимается равным 0).

Модель объясняет только 37 % изменчивости сохранения осадков, но стандартная ошибка их определения составляет всего 7,4 %, что свидетельствует о ее достоверности.

Анализ результатов моделирования (модель 1, рис. 1) свидетельствует о том, что за исключением склонов южных экспозиций на профилях, ориентированных с северо-востока на юго-запад, сохраняется только 80 %, а на профилях, ориентированных с юго-

востока на северо-запад, — 95 % от выпавшей величины твердых атмосферных осадков. На профилях север-юг и запад-восток сохраняется около 91 % твердых атмосферных осадков. Аналогичные закономерности характерны и для склонов южной экспозиции, однако здесь сублимационные потери снеготопливных запасов на 8 % выше. Очевидно, что основным фактором, влияющим на потери снеговой влаги за счет испарения, является инсоляция поверхности снега, которая определяется ориентацией профилей и экспозицией склонов (табл. 3).

Общие закономерности перехвата твердых атмосферных осадков пологом леса достаточно хорошо изучены [7]. Снеготопливные запасы под пологом леса зависят от фоновой величины твердых атмосферных осадков, сомкнутости полога, состава и возраста древостоев. На величину перехвата атмосферных осадков определенное влияние оказывают погодноклиматические условия: ветровой режим, температура и влажность воздуха. На основе данных по запасам воды в снеге под пологом насаждений составлена модель сохранения твердых атмосферных осадков под пологом леса, адаптированная к условиям района исследований (табл. 2, модель 2):

$$K = 97,8 - 4,25 * X * C - 1,95 * L * C \quad (2)$$

$$R^2 = 0,77 \quad G = 6,8 \quad F = 30,0,$$

где K — коэффициент сохранения твердых атмосферных осадков, %; X — суммарное число единиц ели, сосны, кедров и пихты в формуле древостоя; L — число единиц лиственницы в формуле древостоя; C — сомкнутость полога, в долях от единицы.

Модель сохранения осадков под пологом леса объясняет 77 % вариации коэффициентов сохранения осадков, стандартная ошибка их определения составляет 6,8 %.

Анализ модели 2 свидетельствует о снижении коэффициента сохранения твердых атмосферных осадков с увеличением сомкнутости полога и доли хвойных в составе древостоя. При этом лиственничные древостои перехватывают твердые атмосферные осадки в два с лишним раза слабее, чем другие хвойные. Анализ графических форм полученных моделей перехвата твердых атмосферных осадков лесным пологом свидетельствует, что с увеличением сомкнутости полога от 0,4 до 1 коэффициенты сохранения осадков снижаются в лиственничниках с 90 до 75 %, а в остальных хвойных древостоях с 82 до 55 % (рис. 1 а, б).

На профилях ровных поверхностей и на склонах всех экспозиций, за исключением южных, снега накапливается существенно больше, чем в лесу, кроме лиственных насаждений. Неоднозначные результаты получены только для профилей, ориентированных с северо-востока на юго-запад в лиственных насаждениях. Здесь при сомкнутости полога ниже 0,9 снеготопасы на профилях уступают таковым под пологом леса, что свидетельствует о снижении снегоаккумулирующих функций лиственных насаждений при прокладке в них профилей, ориентированных в юго-западном направлении.

Изучая влияние рубок узкими лентами на снегонакопление в США М. Чанг [13] пришел к выводу, что для усиления снегонакопления просеки должны быть перпендикулярны к преобладающим ветрам и располагаться с востока на запад.

Вырубка деревьев и кустарников небольшими площадями увеличивает снегонакопление и сток [14], что связано с сокращением потерь на транспирацию, большей концентрации талых вод в прогалинах, и большими запасами влаги в почве, остающимися с предыдущего года [15]. Таким образом, литературные сведения согласуются с результатами наших исследований.

Заключение

Специфика функционирования лесных экосистем южной Эвенкии во многом связана с наличием многолетней мерзлоты, континентальностью климата и пирогенным фактором, которые обуславливают их чувствительность к экзогенным воздействиям природного и антропогенного характера. Проведенные исследования снегонакопления на территориях прокладки геофизических профилей позволяют оценить степень их воздействия в зависимости от ландшафтных условий.

Прокладка профилей шириной 4 м способствует переводу твердых осадков под кроны и препятствует их испарению. Снегоаккумулирующие способности профилей на южных склонах в среднем равны фоновым участкам, а на ровных поверхностях и склонах других экспозиций на 8 % выше, чем в лесу, что для ландшафта в целом составляет 6,4 %. Средняя для района исследований величина твердых атмосферных осадков за сезон 2013–2014 гг., по нашим данным, составила 150 мм. Расчеты показывают, что прорубка профилей усилила снегоаккумулирующие функции ландшафтов на 0,25 мм ($150 \times 0,064 \times 0,0265 = 0,25$). Таким образом, с учетом межсезонных естественных колебаний выпадения

осадков, прокладка геофизических профилей не может изменить (не более 1 %), а тем более послужить причиной снижения стока рек.

Воздействие геофизических профилей, которые в дальнейшем не используются как транспортные магистрали, на активизацию эрозионных процессов и снегонакопление не значимо, в отличие от пожаров, которые определяют долю лесопокрытой площади водосборных бассейнов в южной Эвенкии и соответственно экологическое значение лесов в регионе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коломыц, Э.Г. Формирование и распределение снежного покрова Сосьвинского Приобья / Э.Г. Коломыц // Сосьвинское Приобье. Иркутск, 1975. — С. 158–214. 15.
2. Кутафьев, В.П. Лесорастительное районирование Средней Сибири. Т. 1. Вопросы лесоведения / В.П. Кутафьев. — Красноярск: Изд-во ИЛИД СО АН СССР, 1970. — С. 165–179.
3. Леса СССР. Т. 4. Леса Урала, Сибири и Дальнего Востока // М.: Наука, 1969. — 768 с.
4. Онучин, А.А. Общие закономерности снегонакопления в бореальных лесах / А.А. Онучин // Изв. АН. Сер.геогр. — 2001. — № 2. — С. 80–86.
5. Прокушкин, С.Г. Экологические условия на постсолифлюкционных участках и их роль в формировании первичной сукцессии / С.Г. Прокушкин, В.Г. Шкикунов, Т.Н. Бугаенко // Сибирский экологический журнал. — 2010. — № 2. — С. 249–261.
6. Протопопов, В.В. Средообразующая роль темнохвойного леса / В.В. Протопопов. — Новосибирск: Наука, 1975. — 327 с.
7. Рутковский, В.И. Влияние лесов на накопление и таяние снега. Снег и талые воды / В.И. Рутковский. — М.: АН СССР, 1956. — С. 184–205.
8. Сабо, Е.Д. Некоторые результаты исследований формирования снежного покрова в лесу / Снежный покров, его распространение и роль в народном хозяйстве / Е.Д. Сабо. — М.: АН СССР, 1962. — С. 98–103.
9. Соколов, В.А. Лесные ресурсы Сибири / В.А. Соколов, А.С. Аткин, И.В. Семечкин // Сибирский экологический журнал. — 1994. — № 1. — С. 39–46.
10. Фарбер, С.К. Формирование древостоев Восточной Сибири / С.К. Фарбер. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. — 432 с.
11. Федоров, С.Ф. Исследование элементов водного баланса в лесной зоне европейской территории СССР / С.Ф. Федоров. — Л.: Гидрометеиздат, 1977. — 264 с.
12. Golding, D.L. Snow accumulation and melt in small forest openings in Alberta / D.L. Golding, R.H. Swanson // Can. J. Forest Res. — 1978. — № 8. — P. 380–388.
13. Chang, M. Forest hydrology: an introduction to water and forests / M. Chang // CRC, Boca Raton, FL, 2003. — 373 с.
14. Folliott, P.F., Jr. 1989, Water yield from forest snowpack management: research findings in Arizona and New Mexico / P.F. Folliott, G.J. Gotterfried, M.B. Baker // Water Resour. Res., 25, 1999–2007.
15. Gary, H.L. Snow accumulation and melt under various stand densities in Lodgepole pine in Wyoming and Colorado / H.L. Gary, C.A. Troendle // Res. Note RM-417, USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Esp. Sta., 1982.

© Онучин А.А., Шишкин А.С., Коростелева Ю.А., 2019

Онучин Александр Александрович // onuchin@ksc.krasn.ru
Шишкин Александр Сергеевич // shishikin@ksc.krasn.ru
Коростелева Юлия Анатольевна // juliakorosteleva@mail.ru