

УДК 630*114.521.7:630*43

ПОТЕРИ ЛЕСНОГО ПОКРОВА РЕСПУБЛИКИ БУРЯТИЯ В XXI ВЕКЕ**Содномов Б.В., Аюржанаев А.А., Черных В.В., Жарникова М.А.***Байкальский институт природопользования Сибирского отделения Российской академии наук,
Улан-Удэ, e-mail: sodnomov@binm.ru*

Лес относится к ценнейшим ресурсам не только с точки зрения экономики, но и биосферы в целом. Глобальная оценка изменения лесного покрова выявила его уменьшение на 3% за 25-летний период. Территория Республики Бурятия в последние годы подвержена лесным пожарам вследствие затяжного засушливого периода. В работе представлены результаты оценки потери лесного покрова в разрезе районов республики по данным дистанционного зондирования. Используются данные проекта Global Forest Watch, которые основаны на снимках спутников серии Landsat с разрешением 30 м, а также продукт MODIS NDVI спутников Terra/Aqua с 250-метровым разрешением и разработанный алгоритм для оценки снижения плотности древостоя. Представлено пространственное распределение факторов, оказывающих влияние на потери лесного покрова. Выявлено, что наибольшее снижение площади лесного покрова произошло в северных районах Бурятии. Ключевыми годами, внесшими наибольший вклад в потери леса, явились 2003, 2004, 2015–2017 гг. Для этих лет наблюдался значительный весенне-летний дефицит осадков, доходящий до 120 мм, положительные аномалии температуры достигали 2,2 °С, а значения гидротермического коэффициента ниже 1 характеризовали засушливые условия. Основной причиной исчезновения лесного покрова являются пожары, кроме центральных районов республики, где лесное хозяйство также является существенным фактором деградации леса. Западные районы республики характеризуются небольшими потерями лесного покрова в силу их достаточной обеспеченности влагой и низкой пожарной опасности. Данные дистанционного зондирования Земли низкого пространственного разрешения имеют тенденцию к завышению потерь леса для небольших площадей и, наоборот, занижению больших ареалов.

Ключевые слова: Республика Бурятия, Landsat, Global Forest Watch, MODIS, лесные пожары, потери лесного покрова, ДЗЗ

FOREST COVER LOSS IN THE REPUBLIC OF BURYATIA IN THE XXI CENTURY**Sodnomov B.V., Ayurzhanayev A.A., Chernykh V.V., Zharnikova M.A.***Baikal Institute of Nature Management of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
Ulan-Ude, e-mail: sodnomov@binm.ru*

Forest is the most valuable resource not only from the point of view of the economy but also from the point of view of the biosphere as a whole. A global assessment of forest cover change revealed a 3% decrease over a 25-year period. In recent years, the territory of The Republic of Buryatia has been subject to forest fires due to a prolonged dry period. The paper presents the results of assessing the loss of forest cover in the context of regions of the republic based on remote sensing data. The data of the Global Forest Watch project, which are based on images of the Landsat satellites with a resolution of 30 m, as well as the MODIS NDVI product of the Terra/Aqua satellites with a 250-meter resolution, and a developed algorithm for assessing the decrease in growing density, were used. The spatial distribution of factors influencing the loss of forest cover is presented. It was revealed that the greatest decrease in the area of forest cover occurred in the northern regions of Buryatia. The key years that made the largest contribution to forest loss were 2003, 2004, 2015–2017. For these years, there was a significant spring-summer precipitation deficit, reaching 120 mm, positive temperature anomalies reached 2.2 °C, and values of the hydrothermal coefficient below 1 characterized arid conditions. The main reason for the disappearance of forest cover is fire, except for the central regions of the republic, where forestry is also a significant factor of forest degradation. The western regions of the republic are characterized by small losses of forest cover due to their sufficient moisture supply and low fire hazard. Remote sensing data with low spatial resolution tend to overestimate forest loss for small areas and, conversely, underestimate large areas.

Keywords: the Republic of Buryatia, Landsat, Global Forest Watch, MODIS, forest fires, forest cover loss, remote sensing

Лес – один из самых распространенных биомов. Роль леса в глобальной экологической системе трудно переоценить. Составляя большую часть биомассы Земли, лес выполняет спектр функций от средообразующих и климаторегулирующих до рекреационных и сырьевых. Оценка глобального изменения лесного покрова (Global Forest Resources Assessment 2015) в рамках проекта Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН за последние годы выявила уменьшение площади лесов на 3% с 1990 по 2015 г. Наибольшее сни-

жение показали тропические леса, бореальные и субтропические леса – незначительное колебание, а леса умеренной зоны – увеличение [1]. Очевидно, что оценки в разных регионах будут существенно отличаться друг от друга. Также существует проблема несоответствия статистических данных различных ведомств [2]. Для территории Российской Федерации выявлен значительный разброс оценок площади леса и его потерь, при этом отмечается, что недостача лесов характерна для высоких широт и Забайкалья [3]. Подобные глобальные, на-

циональные и региональные оценки (в том числе субрегиональные) необходимы для решения ряда задач, связанных с защитой леса, моделированием углеродного цикла, определением ресурсного потенциала и др., и требуют привлечения разнообразных методов и средств, но, по всей видимости, ключевым источником среди них является дистанционное зондирование (ДЗЗ). Цель работы – актуальная оценка динамики потерь леса Республики Бурятия по данным дистанционного зондирования Земли. Важность данной работы также обусловлена тем, что предыдущие оценки основывались лишь на статистических данных [2, 4, 5], которые, однако, могут значительно расходиться с данными ДЗЗ [6].

Материалы и методы исследования

Район исследований. Республика Бурятия (рис. 2), будучи частью Забайкалья, подвержена потере лесопокрываемых территорий, которые занимают около 85% площади республики. На рис. 1 представлено распределение площади леса и его доли в районах Республики Бурятия по данным Global Forest Watch. Преобладающими породами в регионе являются лиственница сибирская, сосна обыкновенная и сосна сибирская (кедр), которые образуют легкогоримые светлохвойные леса, что вку-

пе с весенней засухой (как и засушливым климатом в целом) приводит к регулярным пожарам [7]. Коммерческая рубка леса распространена – его добыча и переработка привлекают инвестиции из КНР [8]. Вредители (сибирский коконопряд, пилильщик сосновый и др.) и возбудители болезней деревьев способствуют масштабному повреждению леса [9]. Хотя и не обширное, но ранее не описанное в литературе деструктивное воздействие на кедровый древостой в Бурятии могут оказывать сильные ветры в сочетании с постоянным антропогенным прессом [10]. Шквальные ветры, в частности, приводят к образованию ветровалов на средневысотных горных хребтах в районах, где ведется интенсивная добыча кедрового ореха.

Данные ДЗЗ. Для оценки потери лесного покрова использован массив данных GFW (Global Forest Watch), созданный в результате сотрудничества Университета Мэриленда, Google, Геологической службы США и NASA [11]. Данные охватывают период с 2001 по 2019 г. и получены в результате обработки снимков со спутников серии Landsat с пространственным разрешением 30 м. Потеря лесной растительности определена как снижение её плотности или полное исчезновение вне зависимости от причин: пожары, вырубки, ветровалы и т.д.

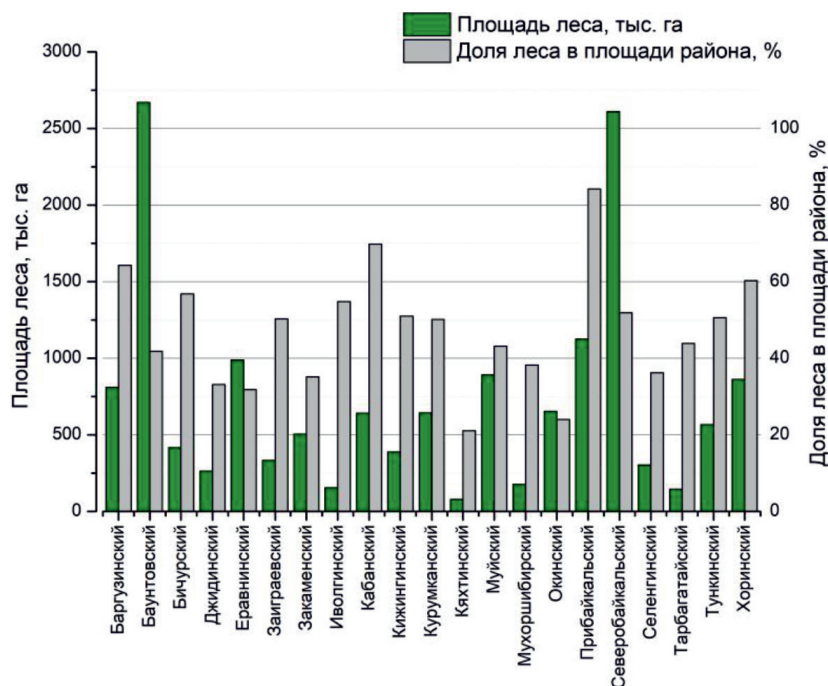


Рис. 1. Распределение площади леса и его доли по районам Республики Бурятия

GFW определяет лесную растительность как растительность высотой более 5 м вне зависимости от её типа. Для определения факторов, влияющих на потерю лесного покрова, использован продукт GFW Tree Cover Loss by Dominant Driver с разрешением 10 км, который состоит из следующих пяти категорий: 1) вырубка лесов – крупномасштабное обезлесение, связанное в первую очередь с увеличением площади сельскохозяйственных земель; 2) сельское хозяйство – временное уменьшение площади лесного покрова вследствие сельскохозяйственной деятельности; 3) лесное хозяйство – лесозаготовки, предполагающие незначительную степень сведения леса с последующим восстановлением; 4) лесные пожары – все лесные пожары вне зависимости от причины их возникновения за исключением сведения леса пожарами для нужд сельского хозяйства; 5) урбанизация: вырубка лесов для расширения селитебных территорий [12]. В регионе исследования выражены только два фактора: лесное хозяйство и лесные пожары (рис. 2).

Для сравнения с GFW использованы данные нормализованного относительного индекса растительности NDVI, полученные со спектрорадиометра MODIS за период с 2000 по 2019 г. с пространственным разрешением 250 м (продукт MOD13Q1) [13]. Авторами в [6] предложена методика определения потери лесного покрова, основанная на обнаружении снижения среднегодового значения NDVI. Данная методика также не учитывает причины (антропогенные или естественные), вызывающие падение плотности древостоя. Ареал распространения лесной растительности определен на основе карты типов земного покрова MODIS (продукт MCD12Q1) [14].

Климат. Данные по осадкам (P) и температуре (T) на метеостанциях получены с сервера (meteo.ru) Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мирового центра данных и использованы для оценки состояния увлажнённости по годам [15]. Расчет климатической нормы проведён для периода 1971–2000 гг. Для каждой метеостанции проведён расчет аномалий P и T весеннего и летнего периодов. Также проведена оценка влагообеспеченности территорий по гидротермическому коэффициенту Селянинова, который был рассчитан по суточным данным P и T к 01 августа каждого года до наступления обильных осадков.

Результаты исследования и их обсуждение

В таблице представлены оценки потери леса в районах Республики Бурятия с 2001 по 2019 г. по данным GFW и MODIS NDVI; значения сгруппированы по пятилетиям кроме последнего периода, охватывающего 4 года. Наибольшую долю обезлесения по GFW в первом пятилетии показали Баунтовский, Прибайкальский и Хоринский районы, далее по ранжиру следуют Еравнинский, Кижингинский и Северо-Байкальский районы. Эти районы расположены на севере и востоке республики и за рассматриваемый период обеспечили 73% лесных потерь в республике. Следующее пятилетие характеризовалось практически двукратным снижением площади потери леса по сравнению с 2001–2005 гг. В данный период наибольшие потери вновь наблюдались в северных районах – Баунтовском, Северо-Байкальском, а также в Прибайкальском и Бичурском районах, хотя по данным MODIS последние два района не показали столь значительного уменьшения. В целом можно отметить тенденцию занижения MODIS достаточно крупных потерь леса площадью более 20–30 тыс. га, тогда как небольшие ареалы менее 15–20 тыс. га, наоборот, завышаются. При этом принимается, что данные GFW имеют на порядок более высокую точность потери лесного покрова по сравнению с MODIS в силу разницы в пространственном разрешении спутниковых сенсоров. Пятилетие с 2011 по 2015 г. практически совпадает (по данным GFW) с предыдущим по площади и структуре обезлесения – в лидерах Баунтовский, Северо-Байкальский и Прибайкальский районы. Последний период 2016–2019 гг. характеризуется четырёхкратным ростом площади обезлесенных территорий (двукратным для MODIS). Как и прежде, север Бурятии – Баунтовский, Баргузинский, Курумканский, Муйский, Северо-Байкальский районы – а также Прибайкальский и Хоринский районы вносят наибольший вклад (90%) в общую потерю леса в республике.

На рис. 2 представлено пространственное распределение факторов, определяющих потерю лесного покрова. Преобладающим воздействием на лесной покров в северных районах республики являются лесные пожары. Труднодоступные горные массивы являются препятствием для эффективного тушения пожаров.

Потери леса в районах Республики Бурятия по данным GFW (G) и MODIS (M), тыс. га

Район	2001–2005		2006–2010		2011–2015		2016–2019		Весь период	
	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M
Баргузинский	34,0	11,3	18,4	5,4	7,2	4,9	102,1	67,4	161,7	89,0
Баунтовский	172,2	181,9	39,1	30,3	72,3	50,6	468,5	203,8	752,1	466,6
Бичурский	5,1	3,1	42,5	9,1	2,2	4,4	5,5	2,5	55,3	19,1
Джидинский	13,1	7,4	10,0	2,5	3,9	2,1	0,9	0,7	27,9	12,7
Еравнинский	43,2	46,9	13,6	7,5	41,0	11,0	17,0	4,7	114,8	70,1
Заиграевский	22,6	16,9	17,2	9,6	10,9	12,2	14,3	10,8	65,0	49,5
Закаменский	4,5	7,8	13,1	7,6	8,2	8,7	1,2	1,7	27,0	25,8
Иволгинский	3,8	1,3	5,0	0,7	1,4	1,6	4,1	0,7	14,3	4,3
Кабанский	9,2	3,8	3,7	1,1	4,3	1,9	22,9	11,5	40,1	18,3
Кижингинский	45,5	27,7	12,2	7,5	17,8	9,8	10,5	10,1	86,0	55,1
Курумканский	26,2	19,9	6,7	6,8	22	17,1	90,5	57,8	145,4	101,6
Кяхтинский	0,3	3,6	2,4	4,9	0,9	5,2	0,9	4,4	4,5	18,1
Муйский	21,4	22,9	17,6	18,8	16	22,1	63,4	51,9	118,4	115,7
Мухоршибирский	2,0	3,7	7,9	2,6	2,6	3,7	2,9	2,0	15,4	12,0
Окинский	5,9	8,7	3,3	8,2	2,8	11,5	18,2	6,0	30,2	34,4
Прибайкальский	80,3	18,2	30,6	6,8	42,4	9,5	180	109,1	333,3	143,6
Северо-Байкальский	44,7	33,5	40,4	28,1	42,5	35,6	141,3	84,4	268,9	181,6
Селенгинский	14,8	9,8	8,7	3,4	2,5	2,5	5,0	2,8	31,0	18,5
Тарбагатайский	3,7	5,2	6,3	2,6	2,3	5,3	2,5	2,8	14,8	15,9
Тункинский	3,6	6,1	7,1	5,2	2,4	6,3	5,1	4,5	18,2	22,1
Хоринский	71,0	49	27,3	21,1	17,7	28,8	72,7	60,1	188,7	159
Всего по Республике Бурятия	627,2	488,6	333,5	189,8	336,0	258,1	1234,3	699,5	2531,0	1636,0

Следует отметить, что даже охранный статус ООПТ, расположенных в Баргузинском, Курумканском и Северо-Байкальском районах, не смог предотвратить и эффективно противостоять катастрофическим пожарам, несмотря на их значительные ресурсы и материально-техническое снабжение. Еравнинский и Хоринский районы, где наблюдались большие потери леса, также подвержены пирогенному фактору. В Кабанском, Прибайкальском районах и в районах Селенгинского среднегорья потери леса обусловлены хозяйственной деятельностью, однако пожарный фактор также значим. Западные районы Бурятии (Окинский, Тункинский, Закаменский) по GFW в основном подвержены пожарам, однако имеют существенно меньшие потери леса.

В результате анализа данных метеорологических станций выявлено, что погодные условия 2003–2004, 2015–2017 гг., показавших большие потери леса, способствовали высокой горимости лесов. Так, осадки, усреднённые по метеостанциям северных районов, были существенно ниже нормы: весной аномалия $P_{2003} = -34,5$ и $P_{2015} = -14,9$ мм при норме 44,6 мм, в летний период 2004, 2015, 2016, 2017 гг. аномалии осадков составили -86,6, -120, -76,8, -82,0 мм соответ-

ственно, при норме -226 мм. Наибольшие аномалии Т в северных районах проявились в летние месяцы 2015–2017 гг. и составили 2,2; 1,8; 1,8 °С соответственно, при норме 13,4 °С. Комплексный показатель влагообеспеченности ГТК, учитывающий и температуру и осадки, показал наименьшие значения в 2004, 2015 и 2017 гг. – 0,88; 0,67 и 0,87 соответственно. Гидротермический коэффициент метеостанций западной части республики (Тунка, Цакир) с наименьшими потерями лесного покрова принимал значения больше 1, что соответствует обеспеченному увлажнению.

Следует отметить, что восстановление древесной растительности после крупных лесных пожаров происходит достаточно медленно, а в некоторых случаях не наблюдается вовсе. Анализ космических снимков показывает, что в течение 3–5 лет после крупного пожара гари хорошо дешифрируются как визуальными, так и автоматизированными методами. Отдельные повреждённые пожарами участки леса, расположенные в потенциально пожароопасных местах (возле автодорог, населенных пунктов и т.д.), подвергаются повторному выгоранию после появления молодой поросли лиственных пород деревьев и кустарников.

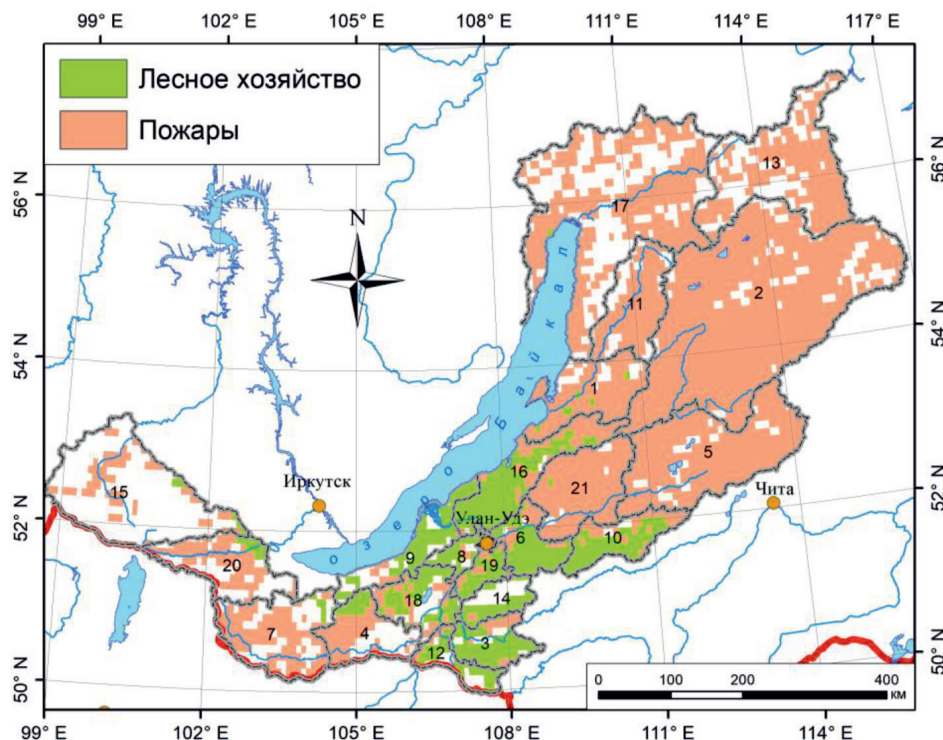


Рис. 2. Административно-территориальное деление Республики Бурятия (1 – Баргузинский, 2 – Баунтовский, 3 – Бичурский, 4 – Джидинский, 5 – Еравнинский, 6 – Заиграевский, 7 – Закаменский, 8 – Иволгинский, 9 – Кабанский, 10 – Кижингинский, 11 – Курумжанский, 12 – Кяхтинский, 13 – Муйский, 14 – Мухоршибирский, 15 – Окинский, 16 – Прибайкальский, 17 – Северо-Байкальский, 18 – Селенгинский, 19 – Тарбагатайский, 20 – Тункинский, 21 – Хоринский районы) и факторы обезлесения по GFW Tree Cover Loss by Dominant Driver

Кроме того, после уничтожения больших площадей леса пожарами проводится сплошная санитарная рубка горелого леса. В пригороде Улан-Удэ в Тарбагатайском, Иволгинском и Заиграевском районах Бурятии на части территории выгоревшего в 2015 г. и вырубленного впоследствии леса процессов лесовосстановления не наблюдается. На месте уничтоженного огнем и добычей древесины леса активно развиваются эрозионные и дефляционные процессы, происходит остепнение. Тем самым пирогенный фактор приводит не только к потере лесопокрытых площадей, но также к трансформации ландшафтов.

Заключение

В результате исследования выявлено, что наибольшие потери лесного покрова Бурятии за последние 20 лет произошли в северных районах республики и наблюдались в 2003–2004, 2015–2017 гг. Основной причиной потерь являются лесные пожары, которым способствовали весенние и летние засухи. В центральной части ре-

спублики, помимо лесных пожаров, потери обусловлены коммерческой деятельностью по заготовке леса. Западные влагообеспеченные районы меньше подвержены пожарам и, как следствие, потере лесного покрова.

Сравнение полученных оценок по данным ДЗЗ низкого и среднего пространственного разрешения выявило их хорошую корреляционную связь, однако достаточно значительные расхождения, особенно для больших площадей. Считаем, что необходима разработка и внедрение специализированных спутниковых систем для мониторинга лесных территорий России.

Работа выполнена в рамках государственного задания БИП СО РАН и при частичной поддержке грантов РФФИ № 17-29-05083, № 19-55-53026.

Список литературы / References

1. Keenan R.J., Reams G.A., Achard F., Freitas J.V., Grainger A., Lindquist E. Dynamics of global forest area: Results from the FAO Global Forest Resources Assessment. *Forest Ecology and Management*. 2015. Vol. 352. P. 9–20. DOI: 10.1016/j.foreco.2015.06.014.

2. Сидоров А.А., Санжиева С.Е. Хронология лесных пожаров в Республике Бурятия // Вестник КрасГАУ. 2018. № 4 (139) С. 204–208.
- Sidorov A.A., Sanzhieva S.E. The chronology of forest fires in the republic of Buryatia // Vestnik KrasGAU. 2018. № 4 (139). P. 204–208 (in Russian).
3. Schepaschenko D.G., Shvidenko A.Z., Lesiv M.Y., Kraxner F., Ontikov P.V., Schepaschenko M.V. Estimation of forest area and its dynamics in Russia based on synthesis of remote sensing products. Contemporary Problems of Ecology. 2015. Vol. 8. No. 7. P. 811–817. DOI: 10.1134/S1995425515070136.
4. Борисова Т.А. Лесные пожары в Бурятии: причины и следствия // Вестник ВГУ. Серия: География, геоэкология. 2017. № 2. С. 78–84.
- Borisova T.A. Forest fires in the republic of Buryatia: causes and consequences // Vestnik VGU. Seriya: Geografiya, geoekologiya. 2017. № 2. P. 78–84 (in Russian).
5. Доржиев Ц.З., Бао Юухай, Бадмаева Е.Н., Батсайхан В., Урбазаев Ч.Б., Юшань. Лесные пожары в Республике Бурятия за 2002–2016 годы // Природа Внутренней Азии. 2017. № 3 (4). С. 22–37. DOI: 10.18101/2542-0623-2017-3-22-37.
- Dorzhiyev Ts.Z., Bao Yuhai, Badmaeva E.N., Batsaihan V., Urbazaev Ch.B., Yushan Forest fires in republic of Buryatia for 2002–2016 // Priroda Vnutrennej Azii. 2017. № 3 (4). P. 22–37 (in Russian).
6. Содномов Б.В., Аюржанаев А.А., Цыдыпов Б.З., Гармаев Е.Ж. Оценка антропогенной нарушенности лесов по данным MODIS NDVI (на примере Заиграевского лесничества, Республика Бурятия) // Журнал СФУ. Техника и технологии. 2018. Т. 11. № 8. С. 902–908. DOI: 10.17516/1999-494X-0112.
- Sodnomov B.V., Ayurzhanayev A.A., Tsydyпов B.Z., Garmayev E.Zh. Assessment of anthropogenic disturbance of forests according to MODIS NDVI data (on the example of Zaigraevsky forestry, Republic of Buryatia) // Journal of Siberian Federal University. Technics and technology. 2018. Vol. 11. No. 8. P. 902–908 (in Russian).
7. Евдокименко М.Д., Иванов В.В. Особенности противопожарного обустройства в лесах Прибайкалья // Сибирский лесной журнал. 2017. № 5. С. 63–75. DOI: 10.15372/SJFS20170506.
- Evdokimenko M.D., Ivanov V.V. Specifics of fire-preventing arrangements in the forests of Baikal region // Sibirskij Lesnoj Zhurnal. 2017. № 5. P. 63–75 (in Russian).
8. Шуфан Я., Плотникова Г.П., Симонян С.Н. Перспективное развитие лесопереработки сибирского округа: взаимодействие Китая и России // Системы. Методы. Технологии. 2018. № 3 (39). С. 116–124. DOI: 10.18324/2077-5415-2018-3-116-124.
- Shufang Y., Plotnikova G.P., Simonyan S.H. Perspective development of wood processing of the Siberian Federal District: interaction of China and Russia // Systems. Methods. Technologies. 2018. № 3 (39). P. 116–124 (in Russian).
9. Ставников Д.Ю. Анализ санитарного и лесопатологического состояния лесов Республики Бурятия // Вестник БГСХА. 2013. № 2. С. 67–73.
- Stavnikov D. Analysis of sanitary and forest pest status of forests in Buryatia // Vestnik BGSKHA. 2013. № 2. P. 67–73 (in Russian).
10. Черных В.Н., Бондаренко Д.В., Аюшеева Д.М., Раднаева Б.Б. Добыча кедрового ореха как фактор деградации кедровников горно-таёжных ландшафтов Забайкалья (на примере тайги хребта Цаган-Дабан) // Вестник Бурятского государственного университета. Биология, география. 2019. № 3. С. 44–51. DOI: 10.18101/2587-7148-2019-3-44-51.
- Chernykh V.N., Bondarenko D.V., Ayusheeva D.M., Radnaeva B.B. Production of pine nuts as a factor in the degradation of cedar forests of the mountain taiga landscapes of Transbaikalia (by example of the taiga ridge Tsagan-Daban) // Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya, geografiya. 2019. № 3. P. 44–51 (in Russian).
11. Hansen M.C., Potapov P.V., Moore R., Hancher M., Turubanova S.A., Tyukavina A., Thau D., Stehman S.V., Goetz S.J., Loveland T.R., Kommareddy A., Egorov A., Chini L., Justice C.O., Townshend J.R.G. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. Science. 2013. Vol. 342. Issue 6160. P. 850–853 DOI: 10.1126/science.1244693.
12. Curtis P.G., Slay C.M., Harris N.L., Tyukavina A., Hansen M.C. Classifying Drivers of Global Forest Loss. Science. 2018. Vol. 361. Issue 6407. P. 1108–1111 DOI: 10.1126/science.aau3445.
13. Huete A., Justice C., Van Leeuwen W. Modis vegetation index (MOD13): Algorithm theoretical basis document, Version 3. USGS Land Process Distributed Active Archive Center. 1999. 129 p.
14. Friedl M., Sulla-Menashe D., Tan, B., Schneider, A., Ramankutty, N., Sibley, A., Huang X. MODIS Collection 5 Global Land Cover: Algorithm Refinements and Characterization of new Datasets. Remote Sensing of Environment. 2010. № 114. P. 168–182 DOI: 10.1016/j.rse.2009.08.016.
15. Бульгина О.Н., Разуваев В.Н., Коршунова Н.Н., Швец Н.В. Описание массива данных месячных сумм осадков на станциях России // Патент РФ на базу данных № 2015620394. Патентообладатель ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных». 2015. Бюл. № 3 (101).
- Bulygina O.N., Razuvaev V.N., Korshunova N.N., Shvets N.V. Description of the data array of monthly precipitation amounts at Russian stations // Patent of the Russian Federation for the database № 2015620394. Patent holder: All-Russian Research Institute of Hydrometeorological Information – World Data Center. 2015. № 3 (101) (in Russian).