

ОЦЕНКА БЮДЖЕТА УГЛЕРОДА РЕКУЛЬТИВИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ В ДАЛЬНЕВОСТОЧНОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ

Д.А. Голубев^{1,2}, Л.Т. Крупская^{1,2}, Л.П. Гуль², М.Ю. Филатова^{1,2}

¹ Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Россия, e-mail: ecologiya2010@yandex.ru

² Дальневосточный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, Хабаровск, Россия

Аннотация: Изложены результаты расчетов баланса углерода на рекультивированных площадях в управляемых лесах Дальневосточного федерального округа, в том числе, в Дальневосточном таежном и Приамурско-Приморском хвойно-широколиственном лесных районах. Проблема эта не изучена, в связи с чем целью работы является оценка экологического потенциала рекультивированных земель после добычи полезных ископаемых с использованием методики региональной оценки бюджета углерода лесов (РОБУЛ). Исходя из цели работы, были сформулированы следующие задачи: сбор, анализ и обобщение информации по исследуемой проблеме; расчет экологического потенциала рекультивированных земель по методике робул; оценка бюджета углерода искусственно созданных путем рекультивации лесных насаждений. В результате исследования установлено увеличение бюджета углерода в насаждения на рекультивированных землях, нарушенных ранее освоением минерального сырья более чем в два с половиной раза по сравнению с таковыми нереккультивированными (на примере закрытого Солнечного, Дальнегорского горно-обогатительных комбинатов, а также закрытого Кербинского прииска и др.). Сделаны выводы о необходимости проведения рекультивацию нарушенных горными работами земель для увеличения запасов углерода растительностью, с последующей передачей этих земель в лесной фонд.

Ключевые слова: хвостохранилища, рекультивация, экологический потенциал, бюджет углерода, накопленный экологический ущерб, экологическая реабилитация, отходы горного производства, охрана окружающей среды

Благодарность: Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 15-17-10016), а также при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-35-00260.

Для цитирования: Голубев Д. А., Крупская Л. Т., Гуль Л. П., Филатова М. Ю. Оценка бюджета углерода рекультивированных земель в Дальневосточном федеральном округе // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – № 4. – С. 98–108. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-04-0-98-108.

Carbon budget assessment in reclaimed lands in the Far East Federal District

D.A. Golubev^{1,2}, L.T. Krupskaya^{1,2}, L.P. Gul², M.Yu. Filatova^{1,2}

¹ Pacific National University, 680035, Khabarovsk, Russia, e-mail: ecologiya2010@yandex.ru,

² Far Eastern Research Institute of Forestry, 680020, Khabarovsk, Russia

Abstract: Under global climate change on the planet, it is necessary to study ecological potential both of natural forests and man-made planting. This article offers calculated results on carbon ba-

lance of reclaimed lands in man-made forests under control in the Far East Federal District, including Far-East taiga and Amur–Primorye mixed coniferous–broad leaved forest. This problem remains unstudied, and, for this reason, this article aims to assess ecological potential of reclaimed lands after mineral mining using the assessment procedure of regional carbon budget of forests (RCBF). Based on this aim, the formulated objectives include: (1) Collection, analysis and generalization of relevant information; (2) Calculation of ecological potential of reclaimed lands by RCBF procedure; (3) Assessment of carbon budget of man-made reclamation forest planting. The research has found a more than 2 times increment in the carbon budget of planting on reclaimed lands after earlier mineral mining as against unreclaimed areas (in terms of Solnechny and Dalnegorsky Mining and Processing Plants, as well as closed Kerbinsky mine, etc.). It is concluded that in order to increase carbon reserves, the mining-disturbed lands should be reclaimed by planting and then passed to the forest fund.

Key words: tailings ponds, reclamation, ecological potential, carbon budget, accumulated ecological damage, ecological rehabilitation, mining waste, environmental protection.

Acknowledgements: This study was supported by the Russian Science Foundation, Project No. 15-17-10016, and by the Russian Foundation for Basic Research, Project No. 18-35-00260.

For citation: Golubev D. A., Krupskaya L. T., Gul' L. P., Filatova M. Yu. Carbon budget assessment in reclaimed lands in the Far East Federal District. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2019;4:98-108. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-04-0-98-108.

Введение

Актуальность работы связана с проблемой выбросов углерода в атмосферу, что, согласно базам данных международных групп экспертов по изменению климата [1], приводит к глобальному изменению климата. Документы, разработанные в последние годы: принятое в 2015 г. на 21-й сессии Конференции сторон рамочной конвенции ООН «Парижское соглашение» об изменении климата, а также «Основы государственной политики в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов в Российской Федерации на период до 2030 года» [2], «Прогноз развития лесного сектора Российской Федерации на период до 2030 года» [3] и другие. Эти документы обязывают принимать меры по минимизации выбросов углерода и увеличению его накопления в лесных массивах. Согласно лесным планам, в Дальневосточном федеральном округе (ДФО) [4, 5 и др.], основными причинами уничтожения лесов в Приморском и Хабаровском краях ДФО являются лесные пожары и заготовка древесины. Также к ним можно отнести изъятие из лесно-

го фонда земель под геологическое изучение недр и разработку полезных ископаемых. Наиболее активно процесс передачи лесных земель осуществлялся в прошлом столетии.

На сегодняшний день на юге ДФО (Амурская область, Хабаровский и Приморский края) имеется свыше 800 тыс. га земель, нарушенных горными работами и не рекультивированных в связи с банкротством предприятий, [6–8]. На этих землях находятся техногенные объекты (отвалы, хвостохранилища и др.), которые являются источником загрязнения окружающей среды и формирования эколого-обусловленных заболеваний населения горняцких поселков. В связи с этим целью проведенных исследований является оценка экологического потенциала рекультивированных земель после добычи полезных ископаемых с использованием методики региональной оценки бюджета углерода лесов (РОБУЛ).

Исходя из цели работы, были поставлены следующие задачи: сбор, анализ и обобщение информации по исследуемой проблеме; расчет экологического потенциала рекультивированных земель

по методике робул; оценка бюджета углерода искусственно созданных путем рекультивации лесных насаждений.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования послужили рекультивированные земли, расположенные на территории Дальневосточного федерального округа, а именно в Дальневосточном таежном и Приамурско-Приморском хвойно-широколиственном лесных районах. Рекультивация проведена в 1988 г. с использованием биоремедиации на следующих участках: закрытого горного предприятия Кербинский прииск, Райчихинского угольного разреза, действующего Корфовского каменного карьера. Расчет баланса углерода проведен с использованием методики региональной оценки бюджета углерода лесов (РОБУЛ. ПО. Версия 1) [9]. В работе нашли применение лесоводственные, лесотаксационные, геоэкологические, а также статистические методы и подходы.

В процессе проведенных исследований использованы методические указания Д.Г. Замолодчикова [9] и Распоряжения Минприроды РФ [10].

Результаты и обсуждение

Понятие «экологический потенциал лесных земель» или «экологический по-

тенциал лесов» рассматривается как способность лесных экологических систем выполнять экологические функции [11].

Согласно докладу о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, в соответствии с обязательствами Российской Федерации по Рамочной Конвенции ООН об изменении климата и Киотскому протоколу к Рамочной Конвенции ООН об изменении климата [12], бюджет углерода в 2016 г. на территории Дальневосточного таежного и Приамурско-Приморского хвойно-широколиственного лесных районов, включающих Хабаровский и Приморский края, а также Амурскую, Еврейскую автономную, Сахалинскую и Магаданскую области [13], составляет 8412,5 тыс. т С год⁻¹. Потери углерода на данной территории от сплошных рубок и лесных пожаров равны 35 528,9 тыс. т С год⁻¹, что составляет более 80% от общего поглощения углерода (43 961,6 тыс. т С год⁻¹) [12], см. табл. 1. Данная статистика показывает необходимость проведения мероприятий по повышению экологического потенциала лесных земель путем рекультивации [14–16]. К тому же площадь непокрытых лесом земель в исследуемых районах составляет 3 698 615 тыс. га.

Таблица 1

Данные по поглощению, потерям и бюджету углерода управляемых лесов по исследуемым субъектам Российской Федерации, тыс. т С год⁻¹ за 2016 г. [12]
Data on absorption, losses and carbon budget of the managed forests for the Russian Federation entities under study, thousand tons C per year¹ for 2016 [12]

Субъект РФ	Поглощение углерода	Потери углерода от деструктивных пожаров	Потери углерода от сплошных рубок	Бюджет углерода
Приморский край	5197,0	-1013,4	-1276,5	2952,3
Хабаровский край	18 265,3	-14 187,6	-3351,3	592,7
Амурская область	10 909,7	-3079,4	-5198,4	2716,3
Магаданская область	5410,9	-6192,0	-142,9	-865,7
Сахалинская область	3311,4	-615,4	-124,3	2483,2
Еврейская автономная область	687,3	-29,9	-317,8	533,7



Рис. 1. Минерально-сырьевая база Хабаровского края [17]

Fig. 1. Mineral resources base of the Khabarovsk Territory [17]

Согласно данным по основным показателям социально-экономического положения субъектов Российской Федерации [17], на исследуемой территории расположено около 3 тыс. месторождений твердых полезных ископаемых и около 900 месторождений общераспространенных полезных ископаемых (рис. 1).

На сегодняшний день горнодобывающая деятельность на территории ДФО развивается достаточно интенсивно, и в будущем, до 2020 г., намечено создание и реконструкция еще 8 объектов по добыче полезных ископаемых [18]. Только в Хабаровском крае, по данным Управления лесами Правительства Хабаровского края [19], на 01.01.2018 г. общая площадь лесных участков в крае, переданных в аренду для работ по геологическому изучению недр и разработке месторождений полезных ископаемых, составила 23 045,1 га. Из них фактически используется 11 663,3 га.

Проведенные обследования нарушенных земель [6–8] позволяют сделать вывод, что работы по рекультивации в ДФО выполняются в недостаточных объемах и с низкой эффективностью, без предварительной оценки лесовозобновительных процессов и воздействия химического загрязнения на лесные экосистемы сопредельных территорий.

В лучшем случае частично убирается промышленный хлам и проводится планировка нарушенной добычей территории, что не отвечает природоохранным требованиям.

Согласно Постановлению Правительства РФ от 10 июля 2018 г. № 800 «О проведении рекультивации и консервации земель» [20], для снижения негативного влияния нарушенных земель и увеличения накопления углерода в управляемых лесах исследуемых лесных районов необходимо своевременное проведение технического и биологического этапов рекультивации.

Главная задача лесной рекультивации в ДФО — максимально приблизиться к исходному состоянию нарушенного участка. Согласно зарубежным исследованиям, в течение первых лет после проведения лесовосстановления происходит увеличение поглощения углерода не только за счет биомассы растительности, но и благодаря образуемому гумусовому слою [21–24]. Как правило, темпы рекультивационных работ на горных предприятиях ДФО чрезвычайно малы и значительно отстают от объемов нарушения земель, а применяемые технологии рекультивации имеют низкий уровень наукоемкости и экологической эффективности, не позволяющие значительно снизить отрицательное влияние нарушенных земель на прилегающие лесные территории.

Согласно нашим исследованиям [6–8], основными видами работ биологического этапа освоения рекультивируемой площади следует признать: залужение многолетними травами и посадка сеянцев или саженцев деревьев и кустарников. В комплексе методов биологической рекультивации необходимо обращать особое внимание на обогащение субстрата органическим веществом. Поэтому важнейшей задачей является создание условий, способствующих накоплению запасов углерода, органики, формированию гумусного слоя и нормальному развитию растений на рекультивированной поверхности.

В связи с этим сотрудниками ФБУ «ДальНИИЛХ» рекомендовано использование потенциала биологических систем (биоремедиация), а именно: почвенных микроорганизмов, фототрофных бактерий, гуминовых соединений для рекультивации поверхности хвостохранилищ [6–8, 25]. Важное значение имеет правильный подбор кустарниковых, древесных пород и видов многолетних травянистых растений. Из значительного числа видов



Рис. 2. Расположение исследуемых горнопромышленных объектов юга Дальневосточного федерального округа

Fig. 2. Location of the studied mining facilities in the south of the Far Eastern Federal District



Рис. 3. Рекультивированная территория Райчихинского угольного разреза

Fig. 3. Reclaimed territory of the Raychikhinsky coal mine

Таблица 2

Запасы углерода в растительных сообществах, сформированных на рекультивированной и нереккультивированной площадях в расчете на 1 га, т С
Carbon reserves in plant communities formed in the reclaimed and non-reclaimed areas per 1 ha, tons C

Пул углерода	Райчихинский угольный разрез		Рекультивированная территория Корфовского каменного карьера	Рекультивированная территория Кербинский прииск
	нереккультивированная территория	рекультивированная территория		
Биомасса древостоя	2	44	43	64
Мертвая древесина	0	7	7	3
Подстилка	4	4	4	7
Почва (0–30 см)	52	56	46	116
Итого	58	111	100	190

многолетних трав наиболее перспективными, экспериментально проверенными и рекомендованными для условий южной части ДФО, являются пырей ползучий, полынь горькая, костер безостый, донник желтый, клевер ползучий, тимофеевка, овсяница. Важно отметить, что от выбора древесных пород также зависит потенциал поглощения углерода [9].

В исследуемых лесных районах имеется некоторый опыт восстановления нарушенных освоением месторождений полезных ископаемых естественных экологических систем [6–8 и др.] (рис. 2, 3).

В табл. 2 представлены результаты расчета запаса углерода по методике РОБУЛ [9] во вновь сформированных насаждениях на рекультивированных в 1988 г. участках и землях, оставленных под естественное самозарастание. Экспериментальные исследования прове-

дены на горном предприятии «Кербинский прииск» (Дальневосточный таежный лесной район) после завершения работ по добыче золотороссыпных месторождений (до разработки на участке произрастали лиственничники травяно-моховые) и «Корфовский каменный карьер», осваивающий месторождение гранодиорита, где ранее произрастали хвойно-широколиственного леса.

Выполненные по методике РОБУЛ расчеты свидетельствуют о значительном накоплении запасов углерода в фитоценозах, сформированных на рекультивированных землях (табл. 2), что может привести к увеличению экологического потенциала лесных земель.

Представляет научный интерес расчет возможного запаса углерода на площадях Дальнегорского и Солнечного горно-обогатительных комбинатов, нару-

Таблица 3

Возможные запасы углерода в растительных сообществах на площадях, нарушенных освоением минерального сырья, подлежащих рекультивации в расчете на 1 га, т С
Possible carbon reserves in plant communities in areas disturbed by mineral development to be reclaimed per 1 ha, tons C

Пул углерода	Солнечный ГОК	Дальнегорский ГОК
Биомасса древостоя	10,9	21,4
Мертвая древесина	0,7	1,1
Подстилка	4,3	4,1
Почва (0–30 см)	104,6	79,8
Итого	120,5	106,3

шенных освоением минерального сырья и подлежащих рекультивации. На территории Солнечного района Хабаровского края площадь нарушенных освоением оловорудного сырья земель составляет около 140 га. Учитывая, что возможный запас углерода на 1 га выражается величиной 120,5 т С (табл. 3), то в пересчете на 140 га это составит 16 870 т С. В Приморском крае (Дальнегорский и Кавалеровский район) данный показатель будет равен 17 008 т С (106,3 т С на 160 га).

Заключение

С учетом низкого экологического потенциала лесов ДФО России, связанного с пожарами, гибелью от болезней и вредителей, большими площадями лесных земель, не покрытых лесной растительностью, совершенно очевидно, что требуется проведение дополнительных меро-

приятий по увеличению запасов углерода за счет проведения рекультивационных работ на землях, нарушенных освоением и переработкой минерального сырья [10, 26]. Первоочередным объектом рекультивации должны стать поверхность хвостохранилищ, на которых складированы токсичные отходы, на землях изъятых из лесного фонда. Для снижения отрицательного влияния обезлесенных территорий, возникших в результате разработки полезных ископаемых, проведена рекультивация (технический и биологический этапы) с использованием потенциала биологических систем (биоремедиации) [20 и др.], что способствовало одновременному увеличению запаса и поглощения углерода в управляемых лесах ДФО (Дальневосточном таежном и Приамурско-Приморском хвойно-широколиственном лесных районах).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальный сайт Межправительственной группы экспертов по изменению климата URL: <https://www.ipcc.ch/>
2. Распоряжение Правительства РФ от 26.09.2013 № 1724-р «Об утверждении Основ государственной политики в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов в Российской Федерации на период до 2030 года», URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_152506/
3. Прогноз развития лесного сектора Российской Федерации на период до 2030 года // ФАО. — Рим: ФАО, 2012. — 86 с. URL: <http://www.fao.org/docrep/016/i3020r/i3020r00.pdf>.
4. Лесной план Хабаровского края на 2009–2018 гг. (с внесенными изменениями в 2012 году). Книга 1. — Хабаровск. — 2008 г. URL: <http://docs.cntd.ru/document/995125878>.
5. Лесной план Приморского края на 2009–2018 гг. (с изменениями и дополнениями). Книга 1. — Владивосток-Хабаровск. — 2010 г. URL: <https://www.primorsky.ru/authorities/executive-agencies/departments/forestry/docs.php>.
6. Krupskaya L. T., Zvereva V. A., Golubev D. A., Tagirova V. T., Bubnova M. B. Problems of reducing environmental damage caused in the past century by mining facilities and ways of their solution in the Far Eastern federal district // Russian journal of general chemistry, 2017, Vol. 87, no. 13, pp. 3107–3114. DOI: 10.1134/S1070363217130011.
7. Krupskaya L. T., Zvereva V. P., Rastanina N. K., Golubev D. A., Volobueva N. G., Filatova M. Yu. Use of bioinformation technologies in carbon cycle assessment in managed technogenic forests in Primorskiy krai // Applied mechanics and materials, 2017, Vol. 865, pp. 657–661. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM865.657.
8. Krupskaya L. T., Cherentsova A. A., Mayorova L. P., Golubev D. A. Assessment of the environmental hazard class to waste accumulated over the past century by a former mining enterprise at the Far East federal district // Russian journal of general chemistry, 2016, Vol. 86, no. 13, pp. 2983–2986. DOI: 10.1134/S1070363216130090.
9. Замолодчиков Д. Г. Системы оценки бюджета углерода в лесах. — М.: Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, 2012. — 59 с.

10. *Распоряжение* Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 30 июня 2017 г. № 20-р «Методические указания по количественному определению объема поглощения парниковых газов».

11. Реймерс Н. Ф. Природопользование. Словарь справочник. — М.: Мысль, 1990. — 637 с.

12. *Национальный доклад* о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов не регулируемых Монреальским протоколом за 1990–2016 гг. Часть 2. Приложения. — М.: Росгидромет, 2018. — 106 с.

13. *Приказ* Минприроды России от 18.08.2014 № 367 (ред. от 18.10.2018) «Об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и Перечня лесных районов Российской Федерации» (Зарегистрировано в Минюсте России 29.09.2014 № 34186).

14. Кожевников Н. В., Заушинцева А. В. Отечественный и зарубежный опыт биологической рекультивации нарушенных земель // Вестник Кемеровского государственного университета. Биологические, технические науки и науки о Земле. — 2017. — № 1. — С. 43–47.

15. Опрышко Д. С., Облицов А. Ю. Современные подходы к горно-технической рекультивации // Записки Горного института. — 2013. — Т. 200. — С. 142–145.

16. Ганеев И. Г., Кулагин А. А. Ремедиация и рекультивация техногенно деградированных земель // Вестник Оренбургского государственного университета. — 2009. — № 6 (100). — С. 554–557.

17. Основные показатели социально-экономического положения субъектов Российской Федерации // Федеральная служба государственной статистики. URL: www.gks.ru/bgd/B02_83/Main.htm.

18. Минакер П. А. Российский Дальний Восток на пути в будущее. — Хабаровск: Институт экологических исследований ДВО РАН, 2017. — 395 с.

19. Проект Лесного плана Хабаровского края на 2019–2028 годы // Управление лесами Правительства Хабаровского края. — 2018. — 213 с. URL: <https://les.khabkrai.ru/?menu=getfile&id=5548>

20. *Постановление* Правительства РФ от 10 июля 2018 г. № 800 «О проведении рекультивации и консервации земель». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_302235/

21. Peichl M., Arain A. M., Brodeur J. J., Khomik M., McLaren J. Carbon and greenhouse gas balances in an age sequence of temperate pine plantations // Biogeosciences, 2014, Vol. 11, no 19, pp. 5399–5410. DOI: 10.5194/bg-11-5399-2014.

22. Schweinle J., Köthke M., Englert H., Dieter M. Simulation of forest-based carbon balances for Germany: a contribution to the «carbon debt» debate // Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment, 2018, Vol. 7, no 1, P. 260. DOI: 10.1002/wene.260.

23. Srinivasa Rao C. Girija Veni V., Prasad J. V. N. S., Sharma K. L., Chandrasekhar C. Improving carbon balance with climate-resilient management practices in tropical agroecosystems of Western India // Carbon management, 2017, Vol. 8., no 2, pp. 175–190. DOI: 10.1080/17583004.2017.1309202.

24. Aguilos M., Takagi K., Fukuzawa K., Nomura M., Kishida O. Dynamics of ecosystem carbon balance recovering from a clear-cutting in a cool-temperate forest // Agricultural and forest meteorology, 2014, Vol. 197, pp. 26–39. DOI: 10.1016/j.agrformet.2014.06.002.

25. Крупская Л. Т., Кириенко О. А., Майорова О. А., Голубев Д. А., Онищенко М. С. Патент РФ № 569582, 27.11.2015. Способ рекультивации поверхности хвостохранилища, содержащего токсичные отходы с использованием фототрофных бактерий. 2014. Бюл. № 33.

26. ГОСТ Р 57446-2017 Наилучшие доступные технологии. Рекультивация нарушенных земель и земельных участков. Восстановление биологического разнообразия (с Поправкой). — М.: Стандартинформ, 2018. — 28 с. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200145085>. **ГИАБ**

REFERENCES

1. The official site of the Intergovernmental Panel on Climate Change, available at: <https://www.ipcc.ch/>

2. *Rasporyazhenie Pravitel'stva RF* ot 26.09.2013 N 1724-r «Ob utverzhdenii Osnov gosudarstvennoy politiki v oblasti ispol'zovaniya, okhrany, zashchity i vosproizvodstva lesov v Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda» [On approval of the Fundamentals of the state policy in the field of use, protection, protection and reproduction of forests in the Russian Federation for

- the period until 2030. Order of the Government of the Russian Federation of September 26, 2013 No. 1724-p], URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_152506/ [In Russ].
3. *Prognoz razvitiya lesnogo sektora Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda* [Forecast of development of the forest sector of the Russian Federation for the period up to 2030]. Rome, FAO publ., 2012, 86 p. available at: <http://www.fao.org/docrep/016/i3020r/i3020r00.pdf>.
4. *Lesnoy plan Khabarovskogo kraya na 2009–2018 gg. (s vnesennymi izmeneniyami v 2012 godu)* [Forest plan of the Khabarovsk Territory for 2009–2018 (as amended in 2012). Book 1. Khabarovsk. 2008 r, available at: <http://docs.cntd.ru/document/995125878>. [In Russ].
5. *Lesnoy plan Primorskogo kraya na 2009–2018 gg. (s izmeneniyami i dopolneniyami)* [Forest Plan of Primorsky Territory for 2009–2018 (with changes and additions)]. Book 1. Vladivostok-Khabarovsk. 2010 r, available at: <https://www.primorsky.ru/authorities/executive-agencies/departments/forestry/docs.php>. [In Russ].
6. Krupskaya L.T., Zvereva V.A., Golubev D.A., Tagirova V.T., Bubnova M.B. Problems of reducing environmental damage caused in the past century by mining facilities and ways of their solution in the Far Eastern federal district. *Russian journal of general chemistry*, 2017, Vol. 87, no. 13, pp. 3107–3114. DOI: 10.1134/S1070363217130011.
7. Krupskaya L.T., Zvereva V.P., Rastanina N.K., Golubev D.A., Volobueva N.G., Filatova M. Yu. Use of bioinformation technologies in carbon cycle assessment in managed technogenic forests in Primorskiy kraj. *Applied mechanics and materials*, 2017, Vol. 865, pp. 657–661. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM865.657.
8. Krupskaya L.T., Cherentsova A.A., Mayorova L.P., Golubev D.A. Assessment of the environmental hazard class to waste accumulated over the past century by a former mining enterprise at the Far East federal district. *Russian journal of general chemistry*, 2016, Vol. 86, no. 13, pp. 2983–2986. DOI: 10.1134/S1070363216130090.
9. Zamolodchikov D.G. *Sistemy otsenki byudzheta ugleroda v lesakh* [Forest carbon budget assessment systems], Moscow, Tsentr po problemam ekologii i produktivnosti lesov RAN, 2012, 59 p.
10. *Rasporyazhenie Ministerstva prirodnnykh resursov i ekologii Rossiyskoy Federatsii ot 30 iyunya 2017 g, no 20-r «Metodicheskie ukazaniya po kolichestvennomu opredeleniyu ob'ema pogloshcheniya parnikovyykh gazov»* [Guidelines for the quantitative determination of the volume of absorption of greenhouse gases. Order of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation dated June 30, 2017 No. 20-p], Moscow. [In Russ].
11. Reymers N.F. *Prirodopol'zovanie. Slovar' spravochnik* [Nature use. Dictionary reference], Moscow, Mysl', 1990, 637 p.
12. *Natsional'nyy doklad o kadastre antropogennykh vybrosov iz istochnikov i absorbtzii poglotitelyami parnikovyykh gazov ne reguliruemyykh Monreal'skim protokolom za 1990–2016 gg. Chast' 2. Prilozheniya* [National report on the inventory of anthropogenic emissions by sources and removals by sinks of greenhouse gases not controlled by the Montreal Protocol for the years 1990–2016. Part 2. Applications], Moscow, Rosgidromet, 2018, 106 p. [In Russ].
13. *Prikaz Minprirody Rossii ot 18.08.2014 № 367 (red. ot 18.10.2018) «Ob utverzhdenii Perechnya lesorastitel'nykh zon Rossiyskoy Federatsii i Perechnya lesnykh rayonov Rossiyskoy Federatsii»* [Zaregistrirovano v Mynyuste Rossii 29.09.2014 № 34186] [On approval of the list of forest growing zones of the Russian Federation and the List of forest regions of the Russian Federation. Order of the Ministry of Natural Resources of Russia dated 08.18.2014 N 367 (ed. dated 10.18.2018) (Registered in the Ministry of Justice of Russia September 29, 2014 N 34186)], Moscow. [In Russ].
14. Kozhevnikov N.V., Zaushintseva A.V. Domestic and foreign experience in biological reclamation of disturbed lands. *Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologicheskies, tekhnicheskies nauki i nauki o Zemle*. 2017, no 1, pp. 43–47. [In Russ].
15. *Opryshko D.S., Oblitsov A.Yu.* Modern approaches to mining and technical reclamation. *Zapiski Gornogo instituta*. 2013. Vol. 200, pp. 142–145. [In Russ].
16. Ganeev I.G., Kulagin A.A. Remediation and recultivation of technologically degraded lands. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2009, no 6 (100). C. 554–557. [In Russ].
17. *Osnovnye pokazateli sotsial'no-ekonomicheskogo polozheniya sub'ektov Rossiyskoy Federatsii*. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki [The main indicators of the socio-economic status of the constituent entities of the Russian Federation. Federal State Statistics Service], available at: www.gks.ru/bgd/B02_83/Main.htm.

18. Minaker P.A. *Rossiyskiy Dal'niy Vostok na puti v budushchee* [Russian Far East on the way to the future]. Khabarovsk, Institut ekologicheskikh issledovaniy DVO RAN, 2017, 395 p.

19. *Proekt Lesnogo plana Khabarovskogo kraya na 2019–2028 gody* [Draft Forest Plan of the Khabarovsk Territory for 2019–2028], Moscow, Forest management of the Khabarovsk Territory Government, 2018, 213 p. available at: <https://les.khabkrai.ru/?menu=getfile&id=5548>.

20. *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 10 iyulya 2018 g, no 800 «O provedenii rekul'tivatsii i konservatsii zemel'»* [On the conduct of land reclamation and conservation Decree of the Government of the Russian Federation dated July 10, 2018 no. 800], available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_302235/

21. Peichl M., Arain A.M., Brodeur J.J., Khomik M., McLaren J. Carbon and greenhouse gas balances in an age sequence of temperate pine plantations. *Biogeosciences*, 2014, Vol. 11, no 19, pp. 5399–5410. DOI: 10.5194/bg-11-5399-2014.

22. Schweinle J., Köthke M., Englert H., Dieter M. Simulation of forest-based carbon balances for Germany: a contribution to the «carbon debt» debate. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment*, 2018, Vol. 7, no 1, P. 260. DOI: 10.1002/wene.260.

23. Srinivasa Rao C. Girija Veni V., Prasad J.V.N.S., Sharma K.L., Chandrasekhar C. Improving carbon balance with climate-resilient management practices in tropical agro-ecosystems of Western India. *Carbon management*, 2017, Vol. 8., no 2, pp. 175–190. DOI: 10.1080/17583004.2017.1309202.

24. Aguilos M., Takagi K., Fukuzawa K., Nomura M., Kishida O. Dynamics of ecosystem carbon balance recovering from a clear-cutting in a cool-temperate forest. *Agricultural and forest meteorology*, 2014, Vol. 197, pp. 26–39. DOI: 10.1016/j.agrformet.2014.06.002.

25. Krupskaya L.T., Kirienko O.A., Mayorova O.A., Golubev D.A., Onishchenko M.S. *Patent RU 569582*, 2014.

26. *Nailuchshie dostupnye tekhnologii. Rekul'tivatsiya narushennykh zemel' i zemel'nykh uchastkov. Vosstanovlenie biologicheskogo raznoobraziya (s Popravkoy) GOST R 57446-2017* [The best available technology. Reclamation of disturbed land and land. Restoration of biological diversity (as amended). State Standart R 57446-2017], Moscow, Standartinform, 2018, 28 p. available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200145085>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Голубев Дмитрий Андреевич^{1,2} — кандидат технических наук, преподаватель, старший научный сотрудник,

Крупская Людмила Тимофеевна^{1,2} — доктор биологических наук, профессор, заслуженный эколог России, главный научный сотрудник, e-mail: ecologiya2010@yandex.ru,

Гуль Лариса Павловна² — кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник,

Филатова Мария Юрьевна^{1,2} — аспирант, младший научный сотрудник,

¹ Тихоокеанский государственный университет,

² Дальневосточный научно-исследовательский институт лесного хозяйства.

Для контактов: Крупская Л.Т., e-mail: ecologiya2010@yandex.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

D.A. Golubev^{1,2}, Candidate of Technical Sciences, Lecturer, Senior Researcher,

L.T. Krupskaya^{1,2}, Doctor of Biological Sciences, Professor,

Honored Ecologist of Russia, Chief Scientific Officer,

e-mail: ecologiya2010@yandex.ru,

L.P. Gul', Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher,

M.Yu. Filatova^{1,2}, Graduate Student, Junior Researcher,

¹ Pacific National University, 680035, Khabarovsk, Russia

² Far Eastern Research Institute of Forestry, 680020, Khabarovsk, Russia

Corresponding author: L.T. Krupskaya, e-mail: ecologiya2010@yandex.ru.