СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. АГРОНОМИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-10

THE EFFICIENCY OF STOCK-CONTROLLING AND WATER-PROTECTED PLANTS OF RIVER POOLS

V. G. Yuferev, N. A. Tkachenko

Federal state budget scientific institution

«Federal Scientific Centre for agroecology, complex melioration and protective afforestation of the Russian Academy of Sciences», Volgograd

Received 11.02.2020

Submitted 10.03.2020

The paper was carried out with the financial support of the RFBR and the Volgograd region in the framework of the scientific project No. 19-45-340003 «Scientific justification and regularities of changes in the state of landscapes of the Maly Syrt - Caspian lowland ecotone in the Volgograd Zavolzhye»

Summary

The paper presents the results of evaluating the effectiveness of flow control and water protection of forest plantations. The results of research have shown that the effectiveness of protecting water bodies from contamination by erosion washout products depends on the state of such plantings. However, most of the forest belts and plantations in the research area do not perform their functions to protect the watershed, and therefore it is necessary to carry out work on their restoration, reconstruction and creation of new ones.

Abstract

Introduction. The prevention of pollution of water areas of hydrographic network using biological barriers is an actual problem that is solved by flow regulatory and water-protection forest plantations, which perform the functions of limiting the volume and speed of surface flow of polluted melt water and heavy rainwater. This method is the main one for preventing of pollution of water by flushing products - soil particles, chemical substances, and various types of the waste. **Object.** Forest plantations are a framework linking all the elements of anti-erosion protection of watersheds into a single system. Determining the safety of forest plantations by remote assessment methods makes it possible to identify not only the general condition, but also the exact coordinates of the places of degradation (deposition), which makes it possible to the economically substantiated protection of waterway from pollution by erosion products. **Materials and methods.** Definition of the state of flow-regulating and water-protection forest plantations using computer and GIS technologies was carried out on the basis of analysis of aerospace information. For this purpose, local spatial databases were created that include ultra-high-resolution space photos. The use of this method of research is due to the relevance and reliability of aerial and space photos, and the accuracy of the spatial topology of research objects. **Results and conclusion.** The As a result of the investigation of the test area "Second Urakovka" of the Volga watershed on the basis of the space images of large scale (resolution of images 1-10 m) using GIS technologies, low safety of protective belts was established. On a total area of more than 489 hectares, 22 forest belts out of 36 were completely destroyed (the level of degradation "catastrophe") or 59,6 % of the area of plantings, and together with degraded belts with the level "crisis", their share is more than 60%. In a normal state there are only 4 forest belts occupying 18,1 % of the area of plantings. Since most of the forest belts and forest on the test area do not perform their functions to protect the watershed, it is necessary to work on their restoration, reconstruction and formation of new ones.

Key words: *pollution, river basin, erosion, protection, forest plantations, forest belt, erosion, soil washout.*

Citation. Yuferev V. G., Tkachenko N. A. The efficiency of stock-controlling and water-protected plants of river pools. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 1(57). 96-105 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-10.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execu-

tion, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 556.555.8:630*116.9:502.51

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СТОКОРЕГУЛИРУЮЩИХ И ВОДООХРАННЫХ НАСАЖДЕНИЙ РЕЧНЫХ БАССЕЙНОВ

В. Г. Юферев, доктор сельскохозяйственных наук

Н. А. Ткаченко, кандидат сельскохозяйственных наук

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград, Россия*

Дата поступления в редакцию 11.02.2020

Дата принятия к печати 10.03.2020

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Волгоградской области
в рамках научного проекта № 19-45-340003 «Научное обоснование и закономерности
изменения состояния ландшафтов экотона Малый Сырт - Прикаспийская низменность
в Волгоградском Заволжье»*

Актуальность. Предотвращение загрязнения водоемов гидрографической сети с использованием биологических барьеров является актуальной проблемой, которую решают стокорегулирующие и водоохранные лесные насаждения, осуществляющие функции ограничения объема и скорости поверхностного стока загрязненных талых и ливневых вод. Такой способ является основным для предотвращения загрязнения вод продуктами смыва: почвенными частицами, химическими веществами, отходами различного типа, вовлекаемыми в поток воды в результате эрозионных процессов. **Объект.** Лесные насаждения являются каркасом, увязывающим в единую систему все элементы противоэрозионной защиты водосборов. Определение сохранности лесных насаждений методами дистанционной оценки дает возможность выявления не только общего состояния, но и точных координат мест деградации (выпадов), что делает экономически обоснованной защиту водотоков от загрязнения продуктами эрозии. **Материалы и методы.** Оценка состояния стокорегулирующих и водоохранных лесных насаждений с использованием компьютерных и ГИС-технологий осуществлялась на основе анализа аэрокосмической информации. Для этого были созданы локальные пространственные базы данных, включающие космоснимки сверхвысокого разрешения [7, 8]. Применение такого метода исследований продиктовано актуальностью и достоверностью аэро- и космоснимков, точностью пространственной топологии объектов исследований. **Результаты и выводы.** В результате исследования тестового полигона «Вторая Ураковка» Волжского водосбора на основе космоснимков крупного масштаба (разрешение снимков 1-10 м) с использованием ГИС-технологий выявлена низкая сохранность ползащитных полос. На полигоне общей площадью более 489 га полностью распались 22 лесные полосы из 36 (уровень деградации «Бедствие»), или 59,6 % от площади насаждений, а вместе с деградированными полосами с уровнем «Кризис» их доля составляет более 60 %. В нормальном состоянии находятся только 4 лесные полосы, занимающие 18,1 % площади насаждений. Так как большинство лесных полос и массивов на тестовом полигоне не выполняет своих функций по защите водосбора, необходимо проведение работ по их восстановлению, реконструкции и созданию новых.

Ключевые слова: загрязнение речных бассейнов, речные бассейны, эрозия почв, защита лесных насаждений, лесные насаждения.

Цитирование. Юферев В. Г., Ткаченко Н. А. Эффективность стокорегулирующих и водоохранных насаждений речных бассейнов. *Известия НВ АУК*. 2020. 1(57). 96-105. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-10.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи озна-

комились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Из-за интенсивного антропогенного и техногенного воздействия на природные ландшафты, связанного с сельскохозяйственным использованием территорий водосборов и строительством путей транспорта, в настоящее время возникла необходимость защиты русел рек от развития эрозионных процессов и загрязнений их продуктами смыва. Эрозия приводит к снижению плодородия почв, смыву почвенных частиц в гидросеть и, как следствие, к заилению русел рек, что обуславливает необходимость прогнозирования эрозионных процессов и разработки мер по защите земель от деградации [1, 4-6, 11].

К потенциально опасным участкам водосборов с точки зрения выноса продуктов смыва в водотоки можно отнести:

- эрозионноопасные участки склонов, с крутизной более 1°;
- эрозионноопасные, не защищенные противоэрозионными лесными насаждениями участки пашни или поверхности без растительного покрова;
- используемые для выращивания сельскохозяйственной продукции участки при отсутствии систем защиты от эрозии;
- водосборы с неблагоприятными условиями: недостаточное количество осадков, легкий гранулометрический состав почв, засоление и др.;
- водосборы, нарушенные в результате природно-антропогенных явлений (прорыв дамбы, наводнения, ливни и др.).

Защита гидрографической сети с использованием стокорегулирующих и водоохраных защитных лесных насаждений (ЗЛН), осуществляющих функции ограничения объема и скорости поверхностного стока талых и ливневых вод, является основным способом предотвращения ее загрязнения продуктами смыва – почвенными частицами, химическими веществами, отходами различного типа, вовлекаемыми в поток воды в результате эрозионных процессов [2, 3, 10, 12].

Состояние противоэрозионных и водорегулирующих лесных насаждений непосредственно влияет на величину смыва и уровень загрязнения продуктами выноса притоков и основных водотоков гидрографической сети. Вместе с частицами почвы при стоке с пашни одновременно выносятся до 30 % вносимых химикатов, что негативно отражается на качестве поверхностных вод.

Определение состояния и эффективности ЗЛН речного бассейна является самостоятельной задачей, решение которой позволит оценить качество их функционирования, осуществить прогноз смыва почвы, связанного с уровнями деградации таких насаждений в будущем и своевременно применить систему мер по поддержанию функционального режима водоохраных насаждений. Поставленную задачу призвана решить система критериев, позволяющих выявить эффективность защитных функций с использованием геоинформационных систем (ГИС), базирующихся на них геоинформационных технологий современного уровня и передовых методов анализа и обработки данных аэрокосмических съемок и дистанционного зондирования Земли. Дистанционная съемка защитных насаждений позволяет осуществлять непрерывный мониторинг и оценивать динамику их экологического состояния.

Материалы и методы. Оценка состояния стокорегулирующих и водоохраных лесных насаждений с использованием компьютерных и ГИС-технологий осуществлялась на основе анализа аэрокосмической информации. Для этого были созданы локальные пространственные базы данных, включающие космоснимки сверхвысокого разре-

шения [7, 8]. Применение такого метода исследований продиктовано актуальностью и достоверностью аэро- и космоснимков, точностью пространственной топологии объектов исследований [7].

Цифровое изображение лесных насаждений, полученное в результате цветового синтеза спектральных снимков, содержит основные диапазоны отраженных световых волн, в основном красный, зеленый и синий. Защитные лесные насаждения на космоснимках имеют темно-зеленый цвет, что отличает их от окружающих объектов.

Анализ раstra космоснимка позволяет выявить распределение пикселей и средний цветовой тон для полога древостоя [9].

Для оценки деградации лесонасаждения используется фотозатон уровня деградации, который устанавливается по экспертно выбранной части полога древостоя. Сохранность является обобщающим критерием уровня деградации лесного насаждения. Определить сохранность $Y(I)$ можно по площади полога (S_{nn}) к площади всего насаждения (S_n):

$$Y = S_{nn} / S_n (I).$$

В общем случае различным уровням деградации полога будут соответствовать значения Y , приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Значение критерия χ для уровней деградации лесонасаждений

Table 1 – Value of the χ criterion for degradation levels of the forest plantations

Уровень деградации / Degradation level	χ
«Норма» / «Norm»	0,81 – 1,00
«Риск» / «Risk»	0,71 – 0,80
«Кризис» / «Crisis»	0,51 – 0,70
«Бедствие2» / «Disaster»	$\leq 0,5$

Выявление эрозионных процессов, идущих в водосборах речного бассейна, является необходимым для выявления места проявления процесса и планирования лесомелиоративных мероприятий с целью предотвращения попадания продуктов смыва в водотоки. На космоснимках овражно-балочных систем водосборов речного бассейна дешифровочными признаками эрозионных процессов являются:

- изменение тона на изображении ландшафта в связи с различным тоном пикселей растрового изображения как почв, так и растительности (рисунок 1 а);
- характерная структура изображения линейных форм эрозии, которая отражена на снимках локальными формами с ярко выделенным изменением земной поверхности и формированием эрозионных форм (промоины, овраги и т.д.) (рисунок 1 б);
- характерное отображение плоскостного смыва, представленного ориентированными вдоль склона очагами светлого тона.

а

б

Рисунок 1 – Космоснимок на тестовом полигоне «Вторая Ураковка»:

а – эрозионного ландшафта; б – смыва почвы

Figure 1 – Space photo at the test polygon «Vtoraya Urakovka»:
а – of the erosion landscape; б – of the soil washout

Результаты и обсуждение. Для проведения исследований был выбран характерный для южной части Приволжской возвышенности тестовый полигон «Вторая Ураковка» площадью около 4000 га. Максимальная высота на полигоне 258 м, перепад высот 206 м. Максимальная крутизна склона 14°. Средняя расчлененность полигона 1,5 км/км².

Геоинформационный анализ тематических слоев показал незавершенность системы защиты водотоков от последствий эрозии. Система защитных лесных насаждений представлена 36 противоэрозионными лесными полосами и 5 массивами лесных насаждений общей площадью 138 га (рисунок 2).

Рисунок 2 – Космокарта комплекса лесных насаждений

Figure 2 – Space map of the forest plantings complex

В результате исследований определена сохранность лесных насаждений, установлены и распределены их площади по уровням деградации (таблица 2).

Таблица 2 – Сохранность лесных насаждений на полигоне «Вторая Ураковка»

Table 2 – Safety of the forest plantations at the test polygon «Vtoraya Urakovka»

Характеристика/ Characteristic	Уровень деградации / Degradation level				Всего / Total
	Норма / Norm	Риск / Risk	Кризис / Crisis	Бедствие / Disaster	
Количество лесных полос, шт. / Number of forest belts, pcs.	4,0	3,0	8,0	22,0	37,0
Площадь лесных полос, га / Area of forest belts, ha	14,6	5,6	12,4	49,5	82,1
Количество лесных массивов, шт. / Number of forest plantations pcs.	0	0	4,0	3,0	7,0

Площадь лесных массивов, га / Area of forest plantations, ha	0	0	49,8	21,7	71,5
Площадь естественных насаждений, га / Area of natural forest plantation, ha					514,0

Полностью выпали 22 лесных насаждения площадью около 490 га или 60 % от всей площади насаждений. Удовлетворяют проектным нормам только 4 полосы (18 % всей площади насаждений).

Оценка 30 лесных массивов также показала их низкую сохранность. Площадь лесных массивов с сохранностью древостоя до 50% составила 30% всей площади массивов.

Таким образом, общая сохранность системы искусственных насаждений очень низкая, основная часть лесных полос и массивов находится в бедственном положении, они не выполняют защитных функций и нуждаются в срочном планировании и выполнении работ по их восстановлению.

Исследование пространственного расположения лесных насаждений показывает, что часть насаждений (16 из 37) была высажена вдоль склонов с углами наклона более 3°, более 70 % из этих насаждений деградировало до уровня «Бедствие».

Визуализация цифровой трехмерной модели ландшафта показала наличие зоны смыва на склоне, не защищенном лесной полосой, расположенной примерно в середине склона, а при наличии защитных полос зоны смыва расположены ниже лесной полосы в местах выпадов древостоя (рисунок 3).

Максимальную энергию на незащищенном склоне поток приобретает в точке максимального ускорения, которое можно рассчитать по максимуму первой производной уравнения формы склона.

Для защищенных склонов максимальный смыв наблюдается непосредственно за полосой, что вызвано прорывом накопившейся воды через участки ЛП. В этом случае наибольшая энергия будет у концентрированного потока, далее по склону она будет резко снижаться за счет распределения по простиранию склона.

Рисунок 3 – Зоны смыва почвы в местах выпад насаждений

Figure 3 – The Soil washout zones in the areas of plant degradation

Примерно такой же механизм работы потока и при наличии выпадов в насаждении, при этом сконцентрированный полосой поток прорывается через незащищенное пространство и интенсивно смывает плодородный слой. Необходимо отметить, что в целом смытость защищенной пашни с наличием даже расстроенных насаждений меньше, чем незащищенной.

В результате исследования установлена необходимость реконструкции существующей системы защитных лесных насаждений, предложены план рубежей размещения лесомелиоративных насаждений (рисунок 4) и, при необходимости, создание гидротехнических сооружений.

Рисунок 4 – Карта дополнительного размещения противозерозийных лесных насаждений на полигоне «Вторая Ураковка»

Figure 4 – The map of additional placement of erosion-prevention afforestation at the test polygon «Vtoraya Urakovka»

Выводы. Эрозионные процессы в ландшафтах как комплекс процессов смыва и размыва почв водными потоками являются источником загрязнения водотоков продуктами смыва.

Система защиты гидрографической сети от продуктов эрозии на землях сельскохозяйственного назначения формируется при помощи стокорегулирующих, прибалочных и водоохраных лесных насаждений. Они обеспечивают управление поверхностным стоком, то есть ограничивают скорость потока и предотвращают его концентрацию, переводят часть стока из наземного в подземный, распределяют непоглощенную часть стока на большую площадь, задерживают продукты смыва для предотвращения загрязнения основных водотоков гидрографической сети. Поэтому в настоящее время актуальной задачей является определение состояния и эффективности лесных насаждений речного бассейна.

Выявление сохранности лесных насаждений методами дистанционной оценки обеспечивает выявление не только общего состояния, но и точных координат мест деградации, что дает возможность организовать экономически обоснованную защиту водотоков

от загрязнения продуктами эрозии.

Использование геоинформационных систем для дешифрирования, анализа и обработки космоснимков позволяет создавать тематические электронные карты с оценкой деградации существующих лесных насаждений, оперативно определять произошедшие на объектах изменения. Использование таких карт обеспечивает необходимой информацией проектные работы, связанные с восстановлением, реконструкцией и созданием новых защитных лесных насаждений.

Противоэрозионная лесомелиорация, используемая для уменьшения смыва и размыва почв, выноса продуктов водной эрозии в водотоки, является одним из главных направлений лесомелиоративного обустройства речных бассейнов.

Библиографический список

1. Барабанов А. Т. Научные основы противоэрозионной мелиорации // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2 (50). С. 23-30.
2. Безухов Д. А., Голосов В. Н., Панин А. В. Оценка коэффициента доставки наносов малых водосборов в лесостепных и степных районах Восточно-Европейской равнины // Известия Российской академии наук. Серия Географическая. 2019. №4 С. 73-84. DOI: <https://doi.org/10.31857/S2587-55662019473-84>
3. Вавин В. С., Тунякин В. Д., Рыбалкина Н. В. О долголети и жизнеспособности искусственно созданных водоохранных лесонасаждений // Лесотехнический журнал. 2017. Т. 7. №4 (28). С. 25-32. DOI: https://doi.org/10.12737/article_5a3ce881730750.55989198
4. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2016 году / Сост. Ж. Ю. Захарова. М.: Министерство экономического развития Российской Федерации. Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии, 2017. 220 с.
5. Кулик К. Н., Барабанов А. Т., Панов В. И. Оригинальная теория рельефообразования и основы противоэрозионной мелиорации А. С. Козменко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3 (51). С. 76-83.
6. Кулик К. Н., Дубенок Н. Н., Барабанов А. Т. Стокорегулирующая и противоэрозионная эффективность агротехнических противоэрозионных мероприятий в системе адаптивно-ландшафтного земледелия // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2017. №1 (30). С. 47-52.
7. Кулик К. Н., Кошелев А. В. Методическая основа агролесомелиоративной оценки защитных лесных насаждений по данным дистанционного мониторинга // Лесотехнический журнал. 2017. №3 (27). С. 107-114. DOI: https://doi.org/10.12737/article_59c22527885b57.91268039
8. Титкова Т. Б. Изменение климатических условий формирования зимнего стока в бассейне верхнего Дона по спутниковым и наземным данным // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т.1. №1. С. 147-157. DOI: <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2019-16-1-147-157>
9. Degradation of landscapes in the south of the Privolzhsky Upland / V. G. Yuferev, A. A. Zavalin, Yu. N. Pleskachev, A. V. Vdovenko, S. D. Fomin, E. S. Vorontsova // Journal of Forest Science. 2019. №65. P. 195-202. DOI: <https://doi.org/10.17221/141/2018-JFS>
10. Impacts of forests and forestation on hydrological services in the Andes: A systematic review / Vivien Bonnesoeur, Bruno Locatelli, Manuel R. Guariguata, Boris F. Ochoa-Tocachi, Veerle Vanacker, Zhun Mao, Alexia Stokes, Sarah-Lan Mathez-Stiefel // Forest Ecology and Management. 2019. Volume 433. P. 569-584. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.11.033>
11. Impacts of forest restoration on soil erosion in the Three Gorges Reservoir area, China / Mingjun Teng, Chunbo Huang, Pengcheng Wang, Lixiong Zeng, Zhixiang Zhou, Wenfa Xiao, Zhilin Huang, Changfu Liu // Science of The Total Environment. 2019. Volume 697. P. 134-164. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134164>

12. Soil erosion and water retention varies with plantation type and age / Dan Sun, Weixin Zhang, Yongbiao Lin, Zhanfeng Liu, Weijun Shen, Lixia Zhou, Xingquan Rao, Suping Liu, Xi-an Cai, Dan He, Shenglei Fu // *Forest Ecology and Management*. 2018. Volume 422. P. 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.03.048>

Conclusions. The erosion processes in landscapes, as a complex of processes of flushing and erosion of soils by water flows, are the source of pollution of watercourses by flushing products.

The system of protection of the hydrographic network from erosion products on agricultural lands is formed with the help of flow-regulating, near beam and water protection forest belts. They provide control of the surface flow, that is, they limit the flow speed and prevent its concentration, transfer part of the flow from the ground to the underground, distribute the unabsorbed part of the flow over a large area, and delay washout products to prevent contamination of the main watercourses of the hydrographic network. Therefore, the current task is to determine the state and efficiency of forest plantations in the river basin.

Detection of the forest plantations safety by remote estimation methods provides identification not only of the General state, but also determination of the exact coordinates of degradation sites, which makes it possible to organize an economically validity protection of the watercourses from pollution by erosion products.

The use of geographic information system for decoding, analyzing and processing of the space photos allows creating thematic electronic maps with an estimate of the degradation of existing forest plantations, and quickly determining changes that have occurred on objects. The use of such maps provides the necessary information for project work related to the restoration, reconstruction and creation of new protective forest plantations.

The erosion-prevention forest reclamation, which is used to reduce the washout and flushing, and the removal of water erosion products in to water streams, is one of the main directions of forest reclamation in river basins.

References

1. Barabanov A. T. Nauchnye osnovy protivojerozionnoj melioracii // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. 2018. № 2 (50). P. 23-30.
2. Bezuhov D. A., Golosov V. N., Panin A. V. Ocenka koeficienta dostavki nanosov malych vodosborov v lesostepnyh i stepnyh rajonah Vostochno-Evropejskoj ravniny // *Izvestiya Rossijskoj akademii nauk. Seriya Geograficheskaya*. 2019. №4 P. 73-84. DOI: <https://doi.org/10.31857/S2587-55662019473-84>
3. Vavin V. S., Tunyakin V. D., Rybalkina N. V. O dolgoletii i zhiznesposobnosti iskusstvenno sozdannyh vodoohrannyh lesonasazhdenij // *Lesotekhnicheskij zhurnal*. 2017. T. 7. №4 (28). P. 25-32. DOI: https://doi.org/10.12737/article_5a3ce881730750.55989198
4. Gosudarstvennyj (nacional'nyj) doklad o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' v Rossijskoj Federacii v 2016 godu / Sost. Zh. Yu. Zaharova. M.: Ministerstvo jekonomicheskogo razvitiya Rossijskoj Federacii. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj registracii, kadastra i kartografii, 2017. 220 p.
5. Kulik K. N., Barabanov A. T., Panov V. I. Original'naya teoriya rel'efoobrazovaniya i osnovy protivojerozionnoj melioracii A. S. Kozmenko // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe ob-razovanie*. 2018. № 3 (51). P. 76-83.
6. Kulik K. N., Dubenok N. N., Barabanov A. T. Stokoreguliruyuschaya i protivojerozionnaya jeffektivnost' agrotehnicheskikh protivojerozionnyh meropriyatij v sisteme adaptivno-landshaftnogo zemledeliya // *Teoreticheskie i prikladnye problemy agropromyshlennogo kompleksa*. 2017. №1 (30). P. 47-52.
7. Kulik K. N., Koshelev A. V. Metodicheskaya osnova agrolesomeliorativnoj ocenki zaschitnyh lesnyh nasazhdenij po dannym distancionnogo monitoringa // *Lesotekhnicheskij zhurnal*. 2017. №3

(27). P. 107-114. DOI: https://doi.org/10.12737/article_59c22527885b57.91268039

8. Titkova T. B. Izmenenie klimaticheskikh uslovij formirovaniya zimnego stoka v bassejne verhnego Dona po sputnikovym i nazemnym dannym // Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2019. T.1. №1. P. 147-157. DOI: <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2019-16-1-147-157>.

9. Degradation of landscapes in the south of the Privolzhsky Upland / V. G. Yuferev, A. A. Zavalin, Yu. N. Pleskachev, A. V. Vdovenko, S. D. Fomin, E. S. Vorontsova // Journal of Forest Science. 2019. №65. P. 195-202. DOI: <https://doi.org/10.17221/141/2018-JFS>

10. Impacts of forests and forestation on hydrological services in the Andes: A systematic review / Vivien Bonnesoeur, Bruno Locatelli, Manuel R. Guariguata, Boris F. Ochoa-Tocachi, Veerle Vanacker, Zhun Mao, Alexia Stokes, Sarah-Lan Mathez-Stiefel // Forest Ecology and Management. 2019. Volume 433. P. 569-584. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.11.033>

11. Impacts of forest restoration on soil erosion in the Three Gorges Reservoir area, China / Mingjun Teng, Chunbo Huang, Pengcheng Wang, Lixiong Zeng, Zhixiang Zhou, Wenfa Xiao, Zhilin Huang, Changfu Liu // Science of The Total Environment. 2019. Volume 697. P. 134-164. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134164>

12. Soil erosion and water retention varies with plantation type and age / Dan Sun, Weixin Zhang, Yongbiao Lin, Zhanfeng Liu, Weijun Shen, Lixia Zhou, Xingquan Rao, Suping Liu, Xi-an Cai, Dan He, Shenglei Fu // Forest Ecology and Management. 2018. Volume 422. P. 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.03.048>

Authors Information

Yuferev Valery Grigorievich, principal research scientist, head of laboratory of GIS modeling and mapping of agroforest landscape FSC of agroecology RAS (Russia, 400062, Volgograd, University ave., 97), doctor of agricultural sciences

E-mail: yuferevv@vfanc.ru

Tkachenko Natalya Aleksandrovna, research associate of laboratory of GIS modeling and mapping of agroforest landscape FSC of agroecology RAS (Russia, 400062, Volgograd, University ave., 97), candidate of agricultural sciences

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4526-5195> E-mail: natulyat@mail.ru

Информация об авторах

Юфереv Валерий Григорьевич, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, 97), доктор сельскохозяйственных наук

E-mail: yuferevv@vfanc.ru

Ткаченко Наталья Александровна, научный сотрудник лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, 97), кандидат сельскохозяйственных наук

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4526-5195> E-mail: natulyat@mail.ru