

КРАТКИЕ ЗАМЕТКИ

УДК 504.06

А.А. Пакина¹, Н.И. Тульская²

ОЦЕНКА УГЛЕРОДОЕМКОСТИ ЭКОНОМИКИ ТАТАРСТАНА В ЦЕЛЯХ УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕМ

В статье представлены результаты оценки углеродоемкости экономики региона на основе разработанного авторами подхода. Поиск подходов к оптимизации природопользования часто ассоциируется с переходом к «низкоуглеродной» экономике, однако снижение углеродоемкости рассматривается, в основном, с экономической точки зрения. При этом, важным фактором низкоуглеродной экономики является структура землепользования. Предложенный подход позволяет сопоставить интенсивность природных и антропогенных потоков углерода с учетом поглощающей способности лесных и сельскохозяйственных земель.

Для оценки углеродоемкости использованы методические рекомендации по инвентаризации парниковых газов, разработанные Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК), вклад лесных и сельскохозяйственных угодий в поглощение углекислого газа оценен по Методическим указаниям по количественному определению объема поглощения парниковых газов Министерства природных ресурсов и экологии (МПРиЭ) РФ. Работа проведена на примере Республики Татарстан. В основу расчетов положены официальные данные об объемах используемого топлива по отраслям экономики и административным районам Татарстана, а также данные о структуре землепользования, верифицированные с помощью космических снимков.

Регион исследования характеризуется диверсифицированной структурой экономики и землепользования. Объемы выбросов CO₂ и поглощающей способности естественных и преобразованных ландшафтов были оценены в границах административных районов и приведены к валовому территориальному продукту (ВТП). Полученная в результате оценка углеродного баланса и дифференциация этого показателя по территории республики позволяют сделать выводы об использовании потенциала природных ландшафтов, компенсировать нагрузку от хозяйственной деятельности. В районах с «положительным» углеродным балансом потенциал природных систем значительно превышает уровень нагрузки, а в районах с «отрицательным» углеродным балансом выбросы CO₂ превышают возможности природных систем по его депонированию. Оценка углеродоемкости экономики как индикатора интенсивности воздействия на природу представляет собой перспективное направление развития методики комплексной эколого-экономической оценки результатов природопользования на региональном уровне. Сопоставление величины углеродоемкости экономики с потенциалом углеродопоглощения может использоваться для корректировки структуры землепользования в целях управления природопользованием.

Ключевые слова: углеродопоглощение, баланс CO₂, землепользование

Введение. Оптимизация природопользования – комплексная задача, решение которой возможно исключительно в рамках комплексного подхода, объединяющего знания естественных и гуманитарных наук. Наряду с экономическим и социальным результатами, изменение природной среды под влиянием антропогенной деятельности рассматривается в качестве равноценного экологического результата природопользования (ПП) в рамках так называемой «зеленой» или «экологической» экономики. На необходимость учета всех трех групп результатов, начиная с 1960-х гг., указывали ведущие отечественные экологи и экономисты. Однако в наиболее явной форме эта идея сформулирована как закон «множественности результатов природополь-

зования» [Зворыкин, 1993, с. 9], согласно которому ни один из них не уступает по значению другим и не компенсирует их. В современных исследованиях согласование целей экономического роста как фактора повышения благосостояния населения с социальными и экологическими результатами ПП с заведомой регулярностью сопровождается оценками энергоёмкости экономики [Бобылев и др., 2010; Tukker et al., 2014]. Энергоэффективная экономика ассоциируется с «низкоуглеродной» экономикой – одним из вероятных вариантов перехода к устойчивому развитию.

Оценка результатов ПП с целью обоснования предложений по его регулированию нередко основывается на сопоставлении балансов вещества и

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра рационального природопользования, канд. геогр. н., доцент; e-mail: allapa@yandex.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра картографии и геоинформатики, канд. геогр. н., доцент; e-mail: tnadya@mail.ru

энергии в экономических или природных категориях, например по принципу анализа «затраты–выпуск» (*cost-benefit analysis*), в т. ч. в углеродном эквиваленте [Бобылев и др., 2010], либо по балансам потоков вещества и энергии в границах ландшафтных выделов [Теория и методология..., 2019, с. 204]. В этом контексте сопоставление потоков CO₂ – парникового газа, учет антропогенного поступления которого в окружающую среду наиболее обеспечен статистическими данными, – является одним из доступных вариантов комплексной эколого-экономической оценки. В пользу такого подхода выступает и наличие методических разработок [Методические указания..., 2017], позволяющих произвести пересчет величин содержания или накопления углерода в ходе природных процессов, равно как и его антропогенной эмиссии, в энергетические единицы. Кроме того, уровень выбросов CO₂ является одним из важнейших индикаторов потребления углеродсодержащих топлив. В связи с этим для обозначения интенсивности потребления углерода антропогенными системами принят термин «углеродоемкость» экономики – аналог термина *carbon intensity*, а способности природных систем компенсировать углеродные выбросы – «углеродопоглощение», или *carbon capacity* [Tukker et al., 2014]. Таким образом, углеродоемкость экономики, являясь частным выражением ресурсоемкости, отражает интенсивность потребления невозобновляемых ресурсов в процессе ПП, а углеродопоглощение – потенциал природных систем компенсировать эту нагрузку.

В стремлении реализовать на практике сценарии низкоуглеродного развития (*low-carbon development*) разрабатываются программы снижения углеродоемкости национальных экономик. В большинстве документов и научных работ подчеркивается, что ключевая роль в управлении низкоуглеродным развитием принадлежит регулированию структуры землепользования [Замолдчиков и др., 2018; Lungarska, Chakir, 2018]. Этот фактор указывается и в большинстве национальных докладов, включая российский [Седьмое Национальное сообщение..., 2017]. На практике далеко не всегда существуют основания для полноценного учета фактора землепользования в управлении ПП. В связи с этим в статье поставлена цель апробировать на примере конкретного региона разработанный авторами подход, позволяющий сопоставить интенсивность потоков углерода в природных и антропогенных территориальных системах.

Материалы и методы исследований. Для апробации предложенного подхода все расчеты проведены на примере Республики Татарстан. В качестве методической основы использованы рекомендации по инвентаризации парниковых газов, разработанные МГЭИК, а также методические указания, утвержденные МПРиЭ РФ [Методические указания..., 2017]. Исходными данными для оценки углеродоемкости экономики региона послужили материалы об объемах используемого топ-

лива по административным районам Татарстана с детализацией по видам транспорта, отраслям производства и ЖКХ, полученные по запросу в Министерстве энергетики Татарстана и территориальном органе Федеральной службы государственной статистики. На основании этих данных вычислены объемы выбросов CO₂ по административным районам. Для оценки углеродопоглощения проанализирована структура землепользования и определено соотношение естественных и антропогенно трансформированных территорий. В основу этой части исследования легли статистические материалы, полученные в Министерстве лесного хозяйства Республики Татарстан, а также картографические материалы, верифицированные с помощью космических снимков. Собственно оценка величины углеродопоглощения проводилась на основе баланса углерода, формирующегося за счет противоположно направленных потоков абсорбции и эмиссии углерода в процессе накопления и потерь биомассы в лесных и сельскохозяйственных биоценозах. Баланс углерода для лесов рассчитывался на основании данных о породно-возрастном составе с помощью конверсионных коэффициентов, позволяющих перейти от запасов биомассы и площади насаждений к накоплению углерода (т) и поглощательной способности (т/га), а в качестве факторов эмиссии учитывались потери биомассы в результате пожаров и рубок. Для оценки баланса углерода сельскохозяйственных угодий использовались статистические данные о соотношении площадей сельскохозяйственных культур, сведения о продолжительности вегетационного периода и коэффициенты поглощения углерода в процессе фотосинтеза и его эмиссии при почвенном дыхании.

Результаты исследований и их обсуждение.

Структура природопользования Татарстана предопределила его выбор для апробации предложенного подхода: расположение региона на стыке лесной и лесостепной зон определяет наличие здесь крупных лесных массивов (земли лесного фонда занимают около 18% территории) и сельскохозяйственных угодий (свыше 68% территории). Наряду с этим в Татарстане развиты добывающая и нефтеперерабатывающая отрасли, дающие около 40% валового регионального продукта (ВРП). Это обеспечивает лидирующие позиции региона по объему ВРП (8-е место среди 85 субъектов федерации в 2018 г.) и стабильный рост выбросов в атмосферный воздух, сопутствующий росту ВРП [Регионы России, 2019].

Поскольку антропогенная эмиссия CO₂ и его абсорбция природными системами имеют разную пространственную локализацию, сопоставление интенсивности этих процессов было проведено в границах административных образований. Наибольшие объемы выбросов CO₂ характерны для районов с высокими значениями ВТП (млрд руб.), например Нижнекамского района (180,5) и крупнейших городов – Набережные Челны (187,0) и Казань (605,0), однако прямой корреляции не наблюдается. Так, один

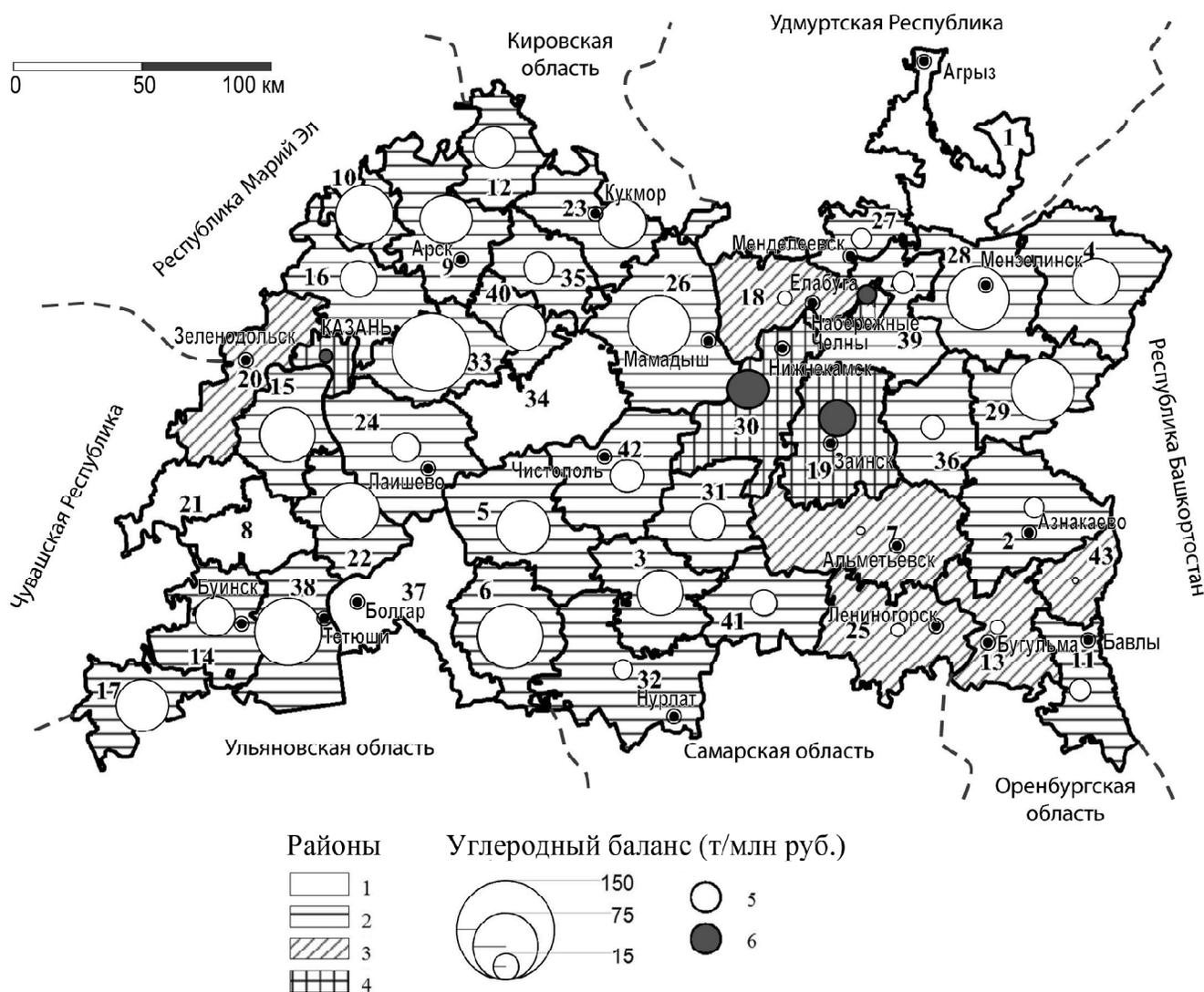


Рис. Углеродный баланс по районам Республики Татарстан: 1 – районы, в которых значения не определены из-за отсутствия одного из показателей; 2 – районы, в которых величина углеродопоглощения превышает углеродоемкость экономики; 3 – районы с близкими значениями углеродоемкости и углеродопоглощения; 4 – районы, где углеродоемкость превышает углеродопоглощение. Величина углеродного баланса (т/млн руб.): 5 – положительный баланс; 6 – отрицательный баланс. Цифрами на карте обозначены районы: 1 – Агрызский; 2 – Азнакаевский; 3 – Аксубаевский; 4 – Актанышский; 5 – Алексеевский; 6 – Алькеевский; 7 – Альметьевский; 8 – Апастовский; 9 – Арский; 10 – Атинский; 11 – Бавлинский; 12 – Балтасинский; 13 – Бугульминский; 14 – Буинский; 15 – Верхнеуслонский; 16 – Высокогорский; 17 – Дрожжановский; 18 – Елабужский; 19 – Заинский; 20 – Зеленодольский; 21 – Кайбицкий; 22 – Камско-Устьинский; 23 – Кукморский; 24 – Лаишевский; 25 – Лениногорский; 26 – Мамадышский; 27 – Менделеевский; 28 – Мензелинский; 29 – Муслимовский; 30 – Нижнекамский; 31 – Новошешминский; 32 – Нурлатский; 33 – Пестречинский; 34 – Рыбно-Слободский; 35 – Сабинский; 36 – Сармановский; 37 – Спасский; 38 – Тетюшский; 39 – Тукаевский; 40 – Тюлячинский; 41 – Черемшанский; 42 – Чистопольский; 43 – Ютазинский

Fig. Carbon balance of the regions of the Tatarstan Republic. Districts: 1 – values are not defined because of the absence of one of the indicators; 2 – areas with the carbon capacity exceeding the carbon intensity; 3 – areas with relatively equal values of carbon intensity and carbon capacity; 4 – areas with the carbon intensity exceeding the carbon capacity. Carbon balance (tons/million rubles): 5 – positive balance; 6 – negative balance. The numbers on the map indicate municipalities: 1 – Agryzskij; 2 – Aznakaevskij; 3 – Aksubaevskij; 4 – Aktanyshskij; 5 – Alekseevskij; 6 – Al'keevskij; 7 – Al'met'evskij; 8 – Apastovskij; 9 – Arskij; 10 – Atinskij; 11 – Bavlinskij; 12 – Baltasinskij; 13 – Bugul'minskij; 14 – Buinskij; 15 – Verhneuslonskij; 16 – Vysokogorskij; 17 – Drozhzhanovskij; 18 – Elabuzhskij; 19 – Zainskij; 20 – Zelenodol'skij; 21 – Kajbickij; 22 – Kamsko-Ust'inskij; 23 – Kukmorskij; 24 – Laishevskij; 25 – Leninogorskij; 26 – Mamadyshskij; 27 – Mendeleevskij; 28 – Menzelinskij; 29 – Musljumovskij; 30 – Nizhnekamskij; 31 – Novosheshminskij; 32 – Nurlatskij; 33 – Pestrechinskij; 34 – Rybno-Slobodskij; 35 – Sabinskij; 36 – Sarmanovskij; 37 – Spasskij; 38 – Tetjushskij; 39 – Tukaevskij; 40 – Tjuljachinskij; 41 – Cheremshanskij; 42 – Chistopol'skij; 43 – Jutazinskij

из лидеров по ВТП – Альметьевский район (274,8) – характеризуется относительно низкими выбросами CO_2 . Вместе с тем, высокие выбросы отмечаются в Заинском районе, где ВТП составляет 32,9 млрд руб., что подтверждает роль энергетического сектора в структуре ПП как ответственного за высокие выбросы CO_2 . Поглощающая способность лесных насаждений на территории Татарстана характеризуется величинами от 0,7 (в Азнакаевском районе) до 2,0 т/га в год (в Заинском районе). Суммарная поглощающая способность (с учетом с/х угодий, включающих пастбища и залежи) – от 2,6 (в Верхнеуслонском районе) до 7,7 т/га (в Новошешминском). Для корректного сравнения процессов углеродоемкости и углеродопоглощения показатели эмиссии и абсорбции CO_2 приведены к валовому территориальному продукту (ВТП) при существующем уровне производства и выражены в т/млн руб. [Пакина и др., 2019].

Полученные величины баланса CO_2 (рис.) позволяют сделать выводы об интенсивности использования потенциала природных ландшафтов и компенсировать нагрузку от хозяйственной деятельности. При существующем уровне производства поглощающая способность природных комплексов полностью покрывает эмиссию CO_2 в большинстве районов Татарстана. В этих случаях можно говорить о «положительном» углеродном балансе. Превышение нагрузки над потенциалом поглощения или «отрицательный» баланс характерны для муниципальных образований с наиболее высокими показателями ВТП: Нижнекамский и Заинский районы, а также города Набережные Челны и Казань. Интенсивная экономическая деятельность в них сопровождается высоким уровнем потребления энергии и, соответственно, выбросами CO_2 , а структура землепользования не способствует компенсации этого воздействия. Несколько районов

и городов демонстрируют близкие значения углеродоемкости экономики и поглощающей способности природных комплексов (Альметьевский и Ютазинский районы, города Зеленодольск и Елабуга), т. е. практически «нулевой» баланс. Таким образом, в регионе преобладают территории с высоким потенциалом поглощения углекислого газа, где при существующем уровне развития экономики выбросы CO_2 полностью компенсируются за счет структуры землепользования. В то же время не менее определенно выявляются районы с высокой степенью освоенности территории и относительно низкими величинами углеродопоглощения. Структура землепользования в этих районах не предполагает увеличения нагрузки на экосистемы, а управление ПП должно быть ориентировано на принятие мер по снижению углеродоемкости. На этом фоне особого внимания и более детальных исследований требуют городские территории: так, Казань, несмотря на низкий потенциал углеродопоглощения, находится в окружении районов с высоким «лимитом» на эмиссию CO_2 , что обеспечивает компенсационное рассеивание антропогенных выбросов.

Выводы

Оценка углеродоемкости экономики как индикатора интенсивности воздействия на природу представляет собой перспективное направление развития методических подходов к комплексной эколого-экономической оценке результатов природопользования на региональном уровне. Сопоставление величины углеродоемкости экономики с потенциалом углеродопоглощения, обеспечиваемого природными (или природно-антропогенными) ландшафтами, может использоваться для разработки экономических механизмов ПП, а также для корректировки структуры землепользования в целях управления природопользованием.

Благодарности. Выполнено по планам НИР кафедр картографии и геоинформатики (№ АААА-А16-116032810094-9) и рационального природопользования (№ АААА-А16-116032810096-3).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бобылев С.Н., Аверченков А.А., Соловьева С.В., Кирюшин П.А. Энергоэффективность и устойчивое развитие. М.: Институт устойчивого развития / Центр экологической политики России, 2010. 148 с.

Замолодчиков Д.Г., Грабовский В.И., Честных О.В. Динамика баланса углерода в лесах федеральных округов Российской Федерации // Вопросы лесной науки. 2018. Т. 1. № 1. С. 1–24.

Зворыкин К.В. Географическая концепция природопользования // Вестн. Москов. ун-та. Сер. 5. Геогр. 1993. № 3. С. 3–16.

Методические указания по количественному определению объема поглощения парниковых газов. Утверждены распоряжением Минприроды России от 30.06.2017. № 20-р.

Пакина А.А., Тульская Н.И., Карнаушенко А.А. Эколого-экономическое картографирование Республики Татарстан // Геодезия и картография. 2019. № 1. С. 146–155.

Седьмое Национальное сообщение Российской Федерации, представленное в соответствии со статьями 4 и 12 Рамочной Конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата и статьей 7 Киотского протокола. М., Министерство природных ресурсов и экологии РФ, Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2017. 348 с.

Теория и методология ландшафтного планирования / А.В. Хорошев, И.А. Авессаломова, К.Н. Дьяконов и др. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2019. 444 с.

Lungarska A., Chakir R. Climate-induced land use change in France: impacts of agricultural adaptation and climate change mitigation. *Ecological Economics*, 2018, vol. 147, p. 134–154.

Tukker A., Bulavskaya T., Giljum S., de Koning A., Lutter S., Simas M., Stadler K., Wood R. The Global Resource Footprint of Nations. Carbon, water, land and materials embodied in trade and

final consumption calculated with EXIOBASE 2.1. Leiden, Delft, Vienna, Trondheim, 2014, 39 p.

Электронный ресурс

Регионы России. Социально-экономические показатели 2019. Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://www.gks.ru/folder/210/document/13204> (дата обращения 25.03.2020).

Поступила в редакцию 20.05.2020

После доработки 14.09.2020

Принята к публикации 06.10.2020

A.A. Pakina¹, N.I. Tul'skaya²

ASSESSMENT OF CARBON INTENSITY OF THE TATARSTAN ECONOMY FOR ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

The paper presents the results of assessing the carbon intensity of the economy at a regional level based on the approach developed by the authors. The attempts to optimize the environmental management are often associated with the transition to a "low-carbon" economy, but the reduction of carbon intensity is considered mainly from the economic point of view. However, the structure of land use is an important factor of low-carbon development. The proposed approach allows comparing the intensity of natural and anthropogenic carbon flows, with due account of the absorption capacity of forests and agricultural land.

The IPCC guidelines for greenhouse gas inventory were used to assess the carbon intensity and the contribution of forests and agricultural land to carbon dioxide sequestration was estimated using the Guidelines for quantifying greenhouse gases absorption by the Russian Ministry of Natural Resources and Environment. The project was carried out for the Republic of Tatarstan. The calculations are based on the official data on fuel volumes used by economic sectors and administrative regions of Tatarstan, as well as the data on land use structure, verified with the satellite images.

The region has a diversified structure of economy and land use. The amount of CO₂ emissions and the absorption capacity of natural and transformed landscapes were estimated within the boundaries of administrative regions and correlated to the gross territorial product (GTP). The resulting values of the carbon balance and differentiation of this indicator over the territory of the region allows conclusions about the natural landscapes potential to compensate the economic activities pressure. The potential of natural systems significantly exceeds the anthropogenic load in the areas with a "positive" carbon balance, while in the areas with a "negative" carbon balance CO₂ emissions exceed the capacity of natural systems to absorb it. Thus, the carbon intensity as an indicator of environment impact is a promising direction for the development of integrated environmental and economic assessment of the results of nature management at the regional level. Comparison of the carbon intensity with the carbon sequestration potential could be used to improve the structure of land use for environmental management purposes.

Key words: carbon sequestration, carbon balance, land use

Acknowledgements. The paper was prepared within the scientific themes no. AAAA-A16-116032810096-3 (the Department of Nature Management) and no. AAAA-A16-116032810094-9) (the Department of Cartography and Geoinformatics) at the Lomonosov Moscow State University.

REFERENCES

Bobylev S.N., Averchenkov A.A., Solovieva S.V., Kiryushin P.A. *Energoeffektivnost i ustoichivoye razvitie* [Energy efficiency and sustainable development]. Moscow, Institute of sustainable development / Center for environmental policy of Russia, 2010, 148 p. (In Russian).

Lungarska A., Chakir R. Climate-induced land use change in France: impacts of agricultural adaptation and climate change mitigation, *Ecological Economics*, 2018, vol. 147, pp. 134–154.

Metodicheskie ukazaniya po kolichestvennomu opredeleniyu ob 'joma pogloshheniya parnikovyh gazov [Methodological

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Environmental Management, Associate Professor, PhD in Geography; *e-mail*: allapa@yandex.ru

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Cartography and Geoinformatics, Associate Professor, PhD in Geography; *e-mail*: tnadya@mail.ru

guidelines for quantifying the amount of greenhouse gases absorption]. Utverzhdeny rasporyazheniem Minprirody Rossii ot 30.06.2017, no. 20-r. (In Russian)

Pakina A.A., Tul'skaja N.I., Kar-naushenko A.A. Ekologo-ekonomicheskoe kartografirovanie Respubliki Tatarstan [Ecological-economic mapping of the Republic of Tatarstan], *Geodezija i kartografija*, 2019, no. 1, p. 146–155. (In Russian)

Sed'moe Nacional'noe soobshhenie Rossijskoj Federacii predstavlennoe v sootvetstvii so stat'jami 4 i 12 Ramochnoj Konvencii Organizacii Ob'edinennyh Nacij ob izmenenii klimata i stat'ej 7 Kiotskogo protokola [7th National communication from the Russian Federation submitted in accordance with articles 4 and 12 of the United Nations framework Convention on Climate Change and article 7 of the Kyoto Protocol]. 2017. Moscow, Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation, Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring, 348 p. (In Russian)

Teorija i metodologija landshafnogo planirovanija [Theory and methodology of landscape planning] A.V. Horoshev,

I.A. Avessalomova, K.N. D'jakonov et al. Moscow, Tovarishhestvo nauchnyh izdanij KMK Publ., 2019, 444 p. (In Russian)

Tukker A., Bulavskaya T., Giljum S., de Koning A., Lutter S., Simas M., Stadler K., Wood R. 2014. *The Global Resource Footprint of Nations*. Carbon, water, land and materials embodied in trade and final consumption calculated with EXIOBASE 2.1, Leiden/Delft/Vienna/Trondheim, 39 p.

Zamolodchikov D.G., Grabovskij V.I., Chestnyh O.V. Dinamika balansa ugleroda v lesah federal'nyh okrugov Rossijskoj Federacii [Dynamics of carbon balance in the forests of federal districts of the Russian Federation], *Voprosy lesnoj nauki*, 2018, vol. 1, p. 1–24. (In Russian)

Zvorykin K.V. Geograficheskaja koncepcija prirodopol'zovanija [Geographical concept of nature management], *Vestn. Mosk. Un-ta. Ser. 5. Geogr.*, 1993, no. 3, p. 3–16. (In Russian)

Web-source

Regiony Rossii. Social'no-jekonomicheskie pokazateli 2019 (Regions of Russia. Socio-economic indicators in 2019). Federal'naja sluzhba gosudarstvennoj statistiki. URL: <https://www.gks.ru/folder/210/document/13204> (access date 25.03.2020).

Received 20.05.2020

Revised 14.09.2020

Accepted 06.10.2020