

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 502.35

DOI: 10.17072/2079-7877-2021-1-173-186

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ ТРАНСФОРМАЦИИ СТРУКТУРЫ
ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОЦЕНОК ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ**Антон Евгеньевич Назаренко**ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8613-6667>, Author ID: 927762e-mail: nazarenko.iwep@gmail.com*Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения РАН, Барнаул*

В рамках исследования проанализированы возможности применения стоимостных оценок экосистемных услуг для оценки последствий трансформаций в землепользовании. Последствия трансформаций оценивались путём сравнения ценности основных экосистемных услуг при разных вариациях структуры землепользования с учётом того, что объем оказываемых экосистемных услуг лимитирован пределами устойчивости экосистем. Для оценки экосистемных услуг была использована разработанная авторская методика, основанная на применении показателей продуктивности сельскохозяйственных угодий и их стоимостных выражений. Оценка была проведена на примере территории Заринского района Алтайского края, расположенного на стыке Западно-Сибирской и Алтае-Саянской физико-географических стран. В результате исследования было выявлено, что наибольшая ценность основных экосистемных услуг в районе с сельскохозяйственной специализацией может быть достигнута за счет оптимизации сельскохозяйственной нагрузки – снижения доли пашни и повышения доли кормовых угодий в общей площади территории. Реализовать это предлагается путём вовлечения в оборот участков залежных земель: часть участков можно использовать для лесовосстановления, часть – для сенокоса и выпаса скота. Это позволит уравновесить потребность в максимизации объемов сельскохозяйственного производства, не допуская при этом снижения устойчивости экосистем.

К л ю ч е в ы е с л о в а : экосистемные услуги, природный капитал, сельское хозяйство, структура землепользования, депонирование углерода.

MODELING THE EFFECTS OF LAND USE TRANSFORMATION
USING ECOSYSTEM SERVICE ASSESSMENT**Anton Ev. Nazarenko**ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8613-6667>, Author ID: 927762e-mail: nazarenko.iwep@gmail.com*Institute for Water and Environmental Problems, SB RAS, Barnaul, Russia*

The study analyzes the possibilities of using cost estimates of ecosystem services to assess the effects of transformations in land use. The consequences of transformations were assessed by comparing the value of basic ecosystem services for different patterns of the land use structure, taking into account the fact that the volume of ecosystem services provided is limited by the ecosystem sustainability limits. To estimate ecosystem services, the methodology developed by the author was used. It is based on the indicators of agricultural land productivity and their value terms. The assessment was carried out for the Zarinsky district of Altai Krai, located at the junction of the West Siberian and Altai-Sayan physico-geographical countries. The study has revealed that the greatest value of basic ecosystem services in the region with agricultural specialization can be achieved by optimizing the agricultural load – reducing the share of arable land and increasing the share of forage land in the total area. It is proposed to implement this by involving plots of fallow lands in circulation: some of the plots are proposed to be used for reforestation, while others – for haying and grazing. This will balance the need to maximize agricultural production, while not reducing the sustainability of the ecosystems.

К e y w o r d s : ecosystem services, natural capital, agriculture, land use patterns, carbon sequestration.



Введение

Возникновение термина «экосистемные услуги», под которым в настоящее время понимают совокупность различных материальных и нематериальных выгод, получаемых обществом от экосистем, обусловлено исследованием, выполненным сотрудниками МПТ, посвященным глобальному влиянию человечества на состояние окружающей среды [23]. В дальнейшем подход, предполагающий, что экосистемы имеют полезные функции и учет их ценности позволяет более рационально вести хозяйственную деятельность, получил свое развитие в концепции природного капитала R. Costanza и H. Daly [13], которая является составляющей идеологии устойчивого развития общества. В дальнейшем труды R. Costanza послужили основой для создания крупных международных проектов по оценке экосистемных услуг, в том числе – Millenium ecosystem assessment [15] и ТЕЕВ, в котором также участвует и Россия [21].

В соответствии с концепцией природного капитала для того, чтобы обеспечить баланс противоречащих друг другу экономических и экологических интересов и достичь устойчивости развития, необходимо не воспринимать полезные функции экосистем как бесплатные, т.е. не имеющие ценности. Наиболее перспективными в этом отношении выглядят монетарные оценки, которые позволяют не только оценивать экосистемные услуги в понятном для природопользователей формате, но и органам государственной власти и субъектам хозяйственной деятельности учитывать их в процессе планирования природопользования.

На данный момент такой подход применяется в ряде стран в качестве одной из мер борьбы с глобальным потеплением путем формирования бирж торговли квотами на промышленные выбросы углекислого газа в атмосферу. Такие биржи действуют в США, Канаде, ЕС, Южной Корее, Новой Зеландии и в Китае. Кроме того, проводится и ряд экспериментов по внедрению учета ценности экосистемных услуг в сельскохозяйственной деятельности в Европе в рамках Общей сельскохозяйственной политики (САР) [20].

При этом необходимо отметить, что оценка экосистемных услуг не означает обретения ими товарных качеств. Это вызвано тем, что, во-первых, не все экосистемные услуги (за исключением ряда обеспечивающих услуг) вовлечены в рыночные отношения, а во-вторых, ряд экосистемных услуг (например, жизнеобеспечивающие функции) невозможно воссоздать, что было неоднократно экспериментально подтверждено, в том числе – экспериментами «БИОС-3» (1972–1973) и «Биосфера-2» (1991–1993).

Кроме того, поскольку на сегодняшний день нет единого понимания взаимосвязи ценности экосистемных услуг и их финансирования, возникает необходимость провести большой объем работы, так как экономическая ценность не в полной мере учитывает социальную и культурную составляющую экосистемных услуг [16].

Тем не менее при существующих ограничениях монетарные оценки потенциала ландшафтов по предоставлению экосистемных услуг в сочетании с экспертными оценками могут быть применены для выбора наиболее рационального варианта структуры землепользования на основе сравнения ценности экосистемных услуг ландшафтов при разных сценариях трансформаций, что подтверждается данными теоретических и экспериментальных исследований зарубежных коллег [10–12; 19]. При этом оценивать следует не весь существующий потенциал экосистемных услуг, а только тот их объем, который может быть использован без вреда для устойчивости ландшафта.

Для внедрения таких оценок в практику принятия решений необходима разработка соответствующего инструментария [17]. При этом инструментарий должен отвечать следующим условиям:

- 1) позволять проводить комплексные оценки экосистемных услуг;
- 2) быть пригодным к использованию на другой территории (в рамках страны);
- 3) работать на основе доступных статистических данных, предоставляемых региональными органами планирования;
- 4) отражать потенциал ландшафтов по предоставлению экосистемных услуг в понятных единицах;
- 5) позволять моделировать сценарии изменения структуры землепользования.

В России на данный момент теоретические и практические основы оценки экосистемных услуг разрабатываются многими исследователями, в частности, особого внимания заслуживают работы С.Н. Бобылева и В.М. Захарова [2]. Однако следует отметить, что данные исследования, чаще всего,

проводятся в масштабах страны и не затрагивают вопросы более глубоких, региональных и субрегиональных оценок экосистемных услуг, требующих большей детализации и применения ландшафтного подхода, что также подтверждает необходимость разработки соответствующего инструментария.

Материалы и методы

Оценки экосистемных услуг с целью совершенствования системы землепользования наиболее значимы для основных природозависимых отраслей – сельского, лесного и водного хозяйства. Для их проведения необходимо учитывать ландшафтные условия территории, а также показатели продуктивности лесных экосистем, природных кормовых и пахотных угодий. Учитывая вышесказанное, оптимальным способом оценки представляется исследование структуры землепользования в границах ландшафтных комплексов, для которого подходящим масштабом является масштаб административного района.

В рамках данного исследования такая оценка была проведена на примере Заринского района Алтайского края. Ландшафты Заринского района принадлежат к трём ландшафтным провинциям: Верхнеобской, Предсалаирской (Западно-Сибирская равнинная страна) и Салаирской (Алтае-Саянская горная страна), что определяет разнообразие природных условий на территории. Такое разнообразие, в свою очередь, определяет дифференциацию структуры землепользования и, соответственно, влияет на значения ценности различных экосистемных услуг, оказываемых ландшафтами разных ландшафтных провинций, что обеспечивает репрезентативность получаемых результатов.

В качестве ландшафтной основы исследования использована ландшафтная карта Алтайского края масштаба 1:500 000, составленная Ю.М Цимбалей с соавторами [8].

Для оценки структуры землепользования были использованы данные о распределении земель различных категорий, предоставленные ООО «Алтайгипрозем», в совокупности с результатами проведенного автором рекогносцировочного исследования. Исследование проводилось в августе 2019 г. и включало в себя следующие основные этапы:

- поиск и обработка данных спутника LANDSAT8 для территории района;
- выбор ключевого участка для идентификации угодий различных видов на местности;
- полевые исследования;
- картографирование земельных угодий в ArcGIS 10 путем классификации данных спутника LANDSAT8 по методу максимального подобия.

Данные спутника LANDSAT8 были получены с сайта геологической службы США (USGS) [22] по состоянию на 16 июня 2019 г. Для идентификации сельскохозяйственных угодий была применена RGB-комбинация спектральных каналов снимка (6-5-2):

- ближний инфракрасный канал (1,56–1,66 мкм);
- ближний инфракрасный канал (0,845–0,885 мкм);
- синий канал (0,45–0,515 мкм).

Определение соответствий различных цветовых комбинаций снимка LANDSAT8 видам сельскохозяйственных угодий проводилось на примере ключевого участка вблизи ст. Загонный, где, по данным ООО «Алтайгипрозем», отмечается значительное разнообразие структуры землепользования.

По результатам проведенного рекогносцировочного исследования был составлен альбом соответствий цветовых комбинаций снимка LANDSAT видам земельных угодий на местности. С использованием полученных соответствий с помощью программного обеспечения ArcGIS 10.1 была проведена классификация данных снимка по методу максимального подобия. При этом были выявлены сложности в идентификации залежных земель, которые связаны с похожим отражением на снимке залежей и пастбищ, а также ошибки, которые возникли по причине распространения сорных растений на распаханых полях. Для уточнения результатов полученные пространственные данные о распределении сельскохозяйственных угодий были обработаны следующим образом:

1) была проведена сверка данных о распределении площадей, занятых лесами, сенокосов и пастбищ с аналогичными данными, полученными ООО «Алтайгипрозем», для разграничения принадлежности спорных участков к пастбищным/залежным угодьям;

2) по результатам сверки выполнена корректировка классификации по методу максимального подобия;

Междисциплинарные исследования

Назаренко А.Е.

3) осуществлена генерализация полигонов площадью менее 1 га для устранения ошибок, приводивших к возникновению залежных «островов» на распаханых полях.

С помощью программного обеспечения ArcGIS 10.1 составлена карта-схема, на которой отражена структура землепользования района (рис. 1).

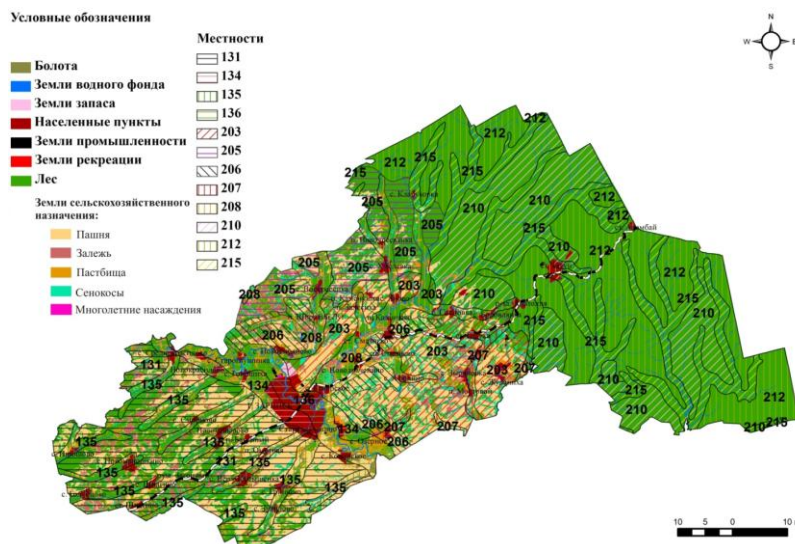


Рис. 1. Структура землепользования Заринского района в границах местностей ландшафтных провинций (Здесь и далее номер местностей указан в соответствии с легендой ландшафтной карты Алтайского края [8].

Описания местностей представлены в табл. 6)

Fig.1. The land use structure in the Zarinsky district within the landscape province localities (hereinafter, the number of each locality is indicated in accordance with the legend of the Altai Krai landscape map [8]. Descriptions of the localities are presented in Table 6)

Существует четкая дифференциация структуры землепользования на территории Алтае-Саянской горной и Западно-Сибирской равнинной стран. В целом наибольшую площадь в районе занимают леса (61,65%) и сельскохозяйственные угодья (34,28%). На долю угодий других видов суммарно приходится 4,07% площади района. В структуре сельскохозяйственных угодий района наибольшую долю занимают пашни (54,86%), значительные площади также заняты пастбищами (17,70%) и сенокосами (15,23%). Многолетние насаждения занимают 0,05% площади сельскохозяйственных угодий района. Кроме того, существенная доля сельскохозяйственных угодий в настоящее время представлена залежными угодьями и систематически не используется (12,16%).

Территория Салаирской провинции в границах Заринского района практически полностью занята лесами, в то время как на территории Предсалаирской и Верхнеобской провинций развито сельское хозяйство. Таким образом, основными экосистемными услугами, оцениваемыми в рамках настоящего исследования в Заринском районе с учетом структуры землепользования, являются услуги лесов и сельскохозяйственных угодий. Для оценки использовали следующие показатели:

- 1) прирост древесины, недревесных и пищевых ресурсов леса;
- 2) прирост многолетних трав на сено;
- 3) потенциальная ценность пастбищ;
- 4) потенциальная ценность пахотных угодий;
- 5) депонирование атмосферного углерода (регулирование климата).

Для лесного хозяйства услуги, обеспечиваемые экосистемами, представлены приростом древесины в лесных насаждениях, а также обеспечением недревесными и пищевыми ресурсами леса.

Для сельского хозяйства обеспечивающие экосистемные услуги представляют собой блага от использования различных сельскохозяйственных угодий – пашни, сенокосов и пастбищ. Следует отметить, что некоторые сенокосы и пастбища систематически не используются. Поскольку этот факт сложно отследить, для оценки применены показатели потенциальной ценности, отражающие использование всех доступных угодий.

Так как район расположен в лесостепной зоне и имеет достаточно небольшую широтную и меридиональную протяженность, в оценке не учтены средообразующие (поддерживающие) экосистемные услуги. Это связано с тем, что преобразованные ландшафты представлены в виде

Междисциплинарные исследования

Назаренко А.Е.

земельных участков относительно небольшой площади, которые прилегают к естественным ландшафтам, а показатель генетического разнообразия сельскохозяйственных растений, используемый для таких оценок, в границах района не имеет значимой дифференциации. На наш взгляд, оценка данной группы экосистемных услуг может проводиться в более широких пространственных масштабах, в которых возможно достоверно зафиксировать различия – национальном и мировом.

Таблица 1

Алгоритмы расчета экономической ценности экосистемных услуг
Algorithms for assessing the economic value of ecosystem services

Экосистемные услуги	Формула	Расшифровка
Прирост древесины, недревесных и пищевых ресурсов леса	Расчет ценности прироста древесины в границах ландшафтных местностей для каждого лесничества: $P_i = S_i \times x \times C;$	i – номер местности; P – ценность прироста лесов лесничества в границах местностей, руб/год; S – площадь лесов лесничества в границах местностей, га; x – средний годовой прирост древесины в лесничестве на 1 га площади, м ³ /год; C – стоимость 1 м ³ древесины для лесотаксового района, утвержденная Постановлением Правительства РФ от 22.05.2007 № 310 [6] (рассчитывается с учетом состава насаждений в лесничествах)
	Расчет ценности недревесных и пищевых ресурсов леса для каждого лесничества: $N_i = (\sum V_r \times C_r) \times S_i$	i – номер местности; N – ценность прироста недревесных и пищевых ресурсов леса, руб/год; r – недревесные и пищевые ресурсы леса (еловые/пихтовые/сосновые лапы, деревья для новогодних праздников, береста, березовый сок, ягоды, грибы, папоротник орляк); V – потенциально возможный объем заготовок на 1 га площади лесов лесничества, ед. [3] C – рыночная стоимость единицы ресурса (кг, шт), руб; S – площадь лесов лесничества в границах местностей, га
Прирост многолетних трав на сено	$H_i = P \times C_{сена} \times S_i$	i – номер местности; H – ценность прироста многолетних трав на сено, руб/год; P – средняя урожайность многолетних трав на сено, центнеров сухой массы/га [1]; $C_{сена}$ – рыночная стоимость 1ц сена, руб; S – площадь сенокосов в границах местностей, га
Потенциальная ценность пастбищ	$C_i = S_i \times p \times K_i \times C_{сена}$	i – номер местности; C – потенциальная ценность пастбищ, руб/год; S – площадь пастбищ в границах местности, га; p – продуктивность естественных пастбищ, ц/га; K – коэффициент поедаемости пастбищной травы [9]; $C_{сена}$ – стоимость 1ц сена, руб
Потенциальная ценность пахотных угодий	$AL_i = S_i \times C_{срв}$	i – номер местности; AL – потенциальная ценность пахотных угодий, руб/год; S – площадь пашни в границах местности, га; $C_{срв}$ – средневзвешенная кадастровая стоимость 1 га пашни в границах местности, руб (на основе трех участков, находящихся на разном удалении от населенных пунктов)
Депонирование атмосферного углерода (регулирование климата)	Расчет объемов депонирования атмосферного углерода лесами: $D_i = \sum_{(i)}^{(4)} (a_i \times (w \div 100) \times dep)$	D_i – депонирование атмосферного углерода, тонн/год; a_i – доля породы в составе насаждений; (1)–(4) – возрастные группы насаждений; w – доля возрастной группы в площади насаждений, %; dep – объемы годового депонирования атмосферного углерода по группам пород и возрастным группам, т/га/год
	Расчет ценности депонирования атмосферного углерода: $C_i = \sum (C_{ср.эв.} \times K_{dep(i)} \times S_i)$	i – тип земельных угодий, C – стоимость услуг по депонированию углерода, руб/год; $C_{ср.эв.}$ – средневзвешенная стоимость эмиссии углерода на биржах (руб/тону) [4] $K_{dep(i)}$ – способность угодий i к депонированию углерода из атмосферы (тонн/год) (для лесов – по данным проведенных расчетов, для нелесных угодий – по данным ИААСА [14], для угодий, углеродный баланс которых указывает, что годовое поступление углерода в атмосферу превышает сток углерода, ценность услуг указывается со знаком «-»); S_i – площадь угодий i , (га)

Междисциплинарные исследования
Назаренко А.Е.

Все идентифицированные услуги, кроме депонирования атмосферного углерода, связаны с извлечением материальных благ и относятся к группе обеспечивающих услуг (providing services) в соответствии с классификацией МЭА (Millenium ecosystem assessment) [18].

Оценка идентифицированных экосистемных услуг проведена с использованием следующих данных и разработанных автором алгоритмов (табл. 1).

Рассчитанные значения общей ценности экосистемных услуг, для исключения влияния на результаты разных площадей местностей, были приведены к удельным (руб/га/год) исходя из площади каждой ландшафтной местности.

Результаты и обсуждение

Результаты оценки отражены в удельных единицах (руб/га/год) в соответствии со сложившейся мировой практикой оценок экосистемных услуг для того, чтобы размер ландшафтной местности не влиял на объективность представляемых результатов, и представлены на картах-схемах (рис. 2).

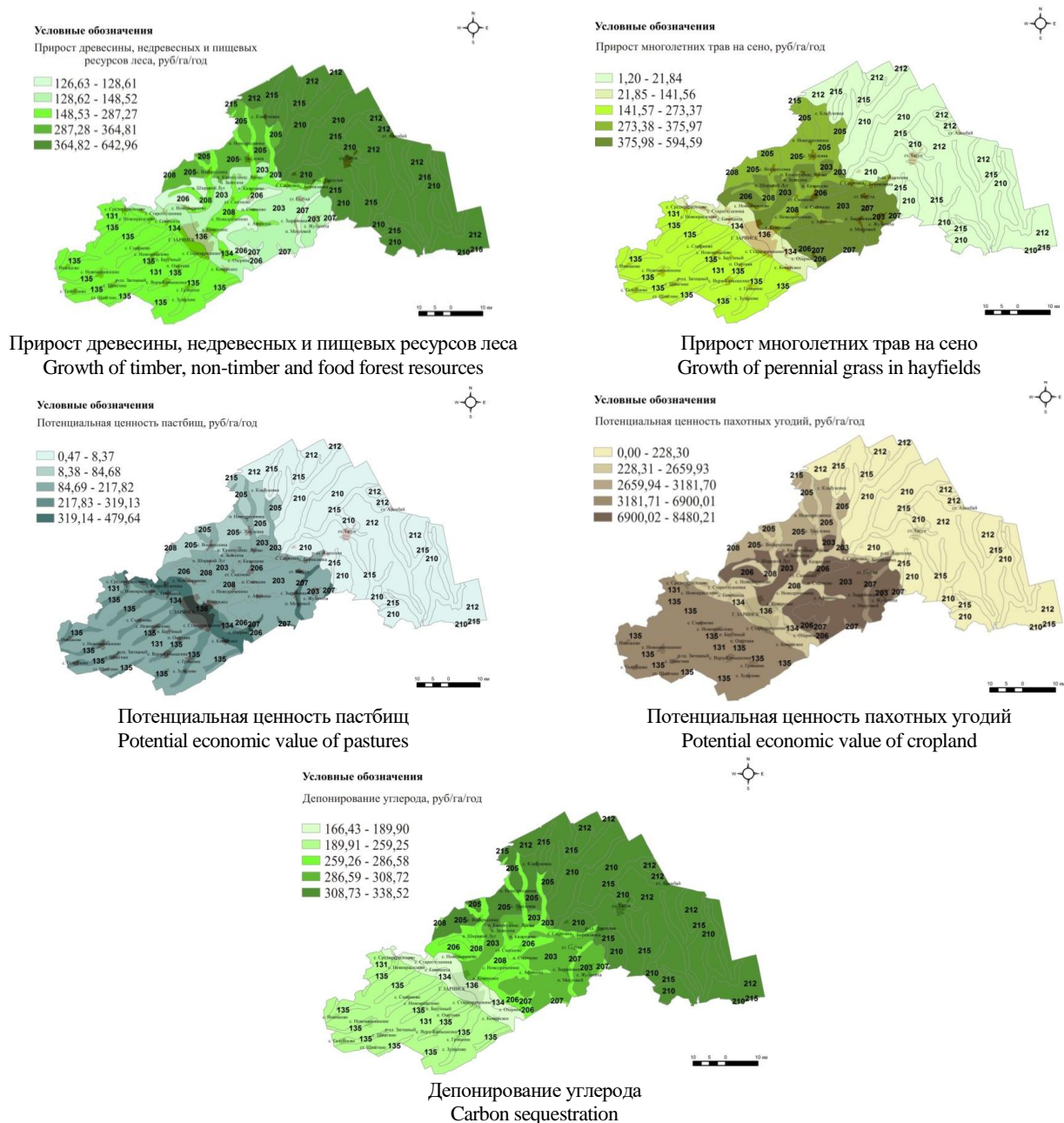


Рис. 2. Экономическая ценность экосистемных услуг на территории Заринского района, руб/га/год
Fig.2 The economic value of ecosystem services in the Zarinsky district, rubles/ha/year

Междисциплинарные исследования

Назаренко А.Е.

Наиболее ценной в отношении обеспечения недревесными и пищевыми ресурсами леса закономерно является восточная часть района, которая относится к Салаирской провинции Алтае-Саянской горной страны и практически полностью (на 95%) занята лесами. Соответственно, наименее ценные в этом отношении территории – луговые местности Предсалаирской провинции в центральной части района.

Максимальная в районе продуктивность многолетних трав на сенокосных угодьях отмечена в луговых ландшафтах Предсалаирской провинции, где зафиксированы наибольшие доли площадей сенокосов (12,4–15,2%). Наименее ценными в данном отношении являются лесные ландшафты Салаирской провинции, для которых характерны условия, не подходящие для сенокосения.

Наиболее ценными пастбищными угодьями в районе являются долины некрупных рек и р. Чумыш в Верхнеобской провинции, в которых пастбища занимают значительную долю площади (14,9–26,9%). Однако следует отметить, что чрезмерное использование таких угодий может привести к загрязнению вод этих небольших рек. Наименее ценные пастбищные угодья – в Салаирской провинции и на севере Предсалаирской провинции, характеризующихся высокой лесистостью.

Наиболее ценные пахотные угодья расположены в луговых местностях Верхнеобской и Предсалаирской провинций. Наименее ценными территориями в данном отношении являются долина р. Чумыш и территория Салаирской провинции, в которых распашка затруднительна. В целом, удельная ценность обеспечивающих услуг пахотных угодий значительно превышает удельную ценность других экосистемных услуг. Прежде всего, это связано с тем, что пахотные угодья обеспечивают производство продуктов питания, что является одной из первичных потребностей общества.

Что касается услуг по регулированию климата, 68% их общей ценности в районе создается лесными экосистемами. Важную роль в формировании ценности данной экосистемной услуги играют сенокосы (17%), а также пашня и залежь (11%). В направлении с запада на восток на территории района повышается доля лесов и сенокосов в структуре землепользования, что влияет на увеличение потенциала данных услуг.

На уровне ландшафтных провинций структура ценности экосистемных услуг выглядит следующим образом (табл. 2).

Таблица 2

Продуктивность обеспечивающих экосистемных услуг в границах ландшафтных провинций на территории Заринского района, руб/га/год

The productivity of the provisioning ecosystem services within the landscape provinces in the Zarinsky district, rubles/ha/year

Провинция	Прирост древесины, недревесных и пищевых ресурсов леса, руб/га/год	Прирост многолетних трав на сено, руб/га/год	Потенциальная ценность пастбищ, руб/га/год	Потенциальная ценность пахотных угодий, руб/га/год	Депонирование атмосферного углерода, руб/га/год
Верхнеобская	210,41	237,35	234,75	5762,38	241,79
Предсалаирская	213,37	476,23	177,34	5832,76	303,46
Салаирская	635,9	11,97	3,85	72,48	337,18
В среднем по району	400,84	203,55	115,84	3246,54	301,50

Территория каждой провинции является наиболее ценной в районе с точки зрения оказания одной из обеспечивающих экосистемных услуг. Так, в Салаирской провинции отмечена наибольшая ценность прироста древесины, недревесных и пищевых ресурсов леса, в Предсалаирской провинции – прирост многолетних трав на сено, а в Верхнеобской – потенциальная ценность пастбищ. Ценность услуг депонирования атмосферного углерода высокая в Салаирской провинции (по причине высокой лесистости) и в Предсалаирской (по причине значимой роли сенокосов в этом процессе).

Что касается общей структуры ценности экосистемных услуг в границах ландшафтных местностей на территории Заринского района, то каждая местность является ценной с точки зрения предоставления ряда услуг (табл. 3).

Междисциплинарные исследования
Назаренко А.Е.

Таблица 3

Наиболее ценные экосистемные услуги в границах местностей на территории Заринского района
The most valuable ecosystem services within the localities in the Zarinsky region

Экосистемные услуги	Ландшафтная провинция											
	Верхнеобская, № местности				Предсалаирская, № местности					Салаирская, № местности		
Номер местности	131	134	135	136	203	205	206	207	208	210	212	215
Прирост древесины, недревесных и пищевых ресурсов леса	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+
Прирост многолетних трав на сено	-	-	-	-	+	-	+	+	+	-	-	-
Потенциальная ценность пастбищ	-	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-
Потенциальная ценность пахотных угодий	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-
Ценность депонирования углерода	-	-	+	-	+	+	-	-	-	+	+	+

На территории Верхнеобской провинции возможна специализация на мясо-молочном скотоводстве и пахотном земледелии, в Предсалаирской провинции – на пахотном земледелии и заготовке сена для сельскохозяйственных животных, в Салаирской провинции – на лесном хозяйстве.

Из разработанного алгоритма оценки следует, что при увеличении площади освоенных территорий ценность их обеспечивающих услуг растет, так как увеличиваются общие объемы получаемой продукции сельского хозяйства. Однако это утверждение не совсем верно. Так, как указывали Н.Ф. Реймерс и Ф.Р. Штильмарк, социально-экономическая ценность растет лишь до определенных пределов соотношения естественных и преобразованных экосистем [7]. Полная освоенность территории приводит к минимуму полезной продукции, максимум которой, в свою очередь, достигается при соотношении освоенных и естественных экосистем 40/60 (для степных экосистем). Это связано с тем, что при увеличении доли освоенных экосистем снижаются устойчивость и продуктивность ландшафтов.

Для степной и лесостепной зон экологические параметры сельскохозяйственного воздействия на природные системы были структурированы И.В Орловой и С.Н. Шарабаринной по трудам В.В. Докучаева, А.А. Молчанова, Н.Ф. Реймерса, Н.И. Парфеновой и В.Е. Синещекова (табл. 4).

Таблица 4

Экологические параметры сельскохозяйственного воздействия на природные системы в лесостепной зоне [5]
Environmental parameters of agricultural impact on ecosystems in the forest steppe zone [5]

Экологические параметры сельскохозяйственного воздействия	Оптимальные	В допустимых пределах	Критические
Доля естественных ландшафтов	≥ 35%	25–34,99%	< 25%
Доля пашни в общей площади территории	≤ 35–40%	40,01–49,99%	≥ 50%
Доля кормовых угодий в площади сельхозугодий	40–45%	39,99–35,01%	≤ 35%
Доля лесных площадей в общей площади территории	25–30%	20,01–24,99%	≤ 20%

Автором была проведена оценка структуры землепользования Заринского района в рамках ландшафтных провинций, в которых сложилась сельскохозяйственная специализация (Верхнеобская и Предсалаирская провинции) с учетом представленных экологических параметров (табл. 5).

При этом естественные ландшафты включают в себя в том числе леса и болота, а также сенокосы и пастбища (которые используются не систематически).

В границах всех рассматриваемых местностей и провинций оптимальным экологическим параметрам соответствует только соотношение освоенных и естественных ландшафтов. При этом следует отметить необходимость снижения распаханности территории и увеличения доли кормовых угодий в общей площади сельхозугодий.

Междисциплинарные исследования

Назаренко А.Е.

Таблица 5

Оценка экологических параметров сельскохозяйственного воздействия
на территории Верхнеобской и Предсалаирской провинций в границах Заринского района, %
Assessment of environmental parameters of agricultural impact
on the territories of High-Ob and Predsalair provinces within the Zarinsky district, %

Провинция	Номер местности	Доля естественных ландшафтов	Доля пашни в общей площади территории	Доля кормовых угодий в площади сельхозугодий	Доля лесных площадей в общей площади территории
Верхнеобская	131	44,99	53,79	20,39	31,18
	134	56,89	14,85	55,66	37,18
	135	60,99	32,03	39,86	39,02
	136	59,74	11,49	72,32	23,03
Предсалаирская	203	44,49	53,14	30,43	20,92
	205	71,69	28,28	35,46	55,92
	206	40,50	57,21	26,84	19,41
	207	58,08	30,73	54,14	19,81
	208	69,73	22,21	51,89	44,08
Верхнеобская провинция		50,99	41,06	30,28	32,13
Предсалаирская провинция		55,50	41,03	34,91	32,86

Для приведения экологических параметров сельскохозяйственного воздействия для каждой местности к оптимальным значениям потребуется в целом:

- снижение площади залежных угодий на 18903,53 га;
- снижение площади пашни на 7416,55 га;
- увеличение площади сенокосов на 19981,39 га;
- увеличение площади пастбищ на 2214,54 га;
- увеличение площади лесов (Тягунское лесничество) на 4124,15 га.

Используя разработанный алгоритм, была проведена оценка их изменения при оптимальных параметрах сельскохозяйственного воздействия в сравнении с существующей структурой землепользования, результаты которой показали, что за счет снижения площади пашни при предлагаемых трансформациях ценность экосистемных услуг в районе в целом снизится на 22,8 млн руб/год. Наиболее значительным снижением ценности экосистемных услуг окажется в распаханых местностях Предсалаирской провинции – более чем на 48 млн руб/год. Это, прежде всего, подтверждает двойственность проблемы достижения устойчивого развития – необходимость недопущения деградации экосистем, которая в Заринском районе проявляется, в первую очередь, в водной эрозии почв и оврагообразовании, что требует снижения сельскохозяйственного воздействия, что, однако, может вызвать снижение объемов обеспечивающих услуг, которые, относительно сложившегося рынка, ценятся намного выше, чем услуги по регулированию климата.

Существует два варианта решения данной проблемы:

- 1) интенсификация пахотного земледелия, которая позволит повысить урожайность сельскохозяйственных культур и, таким образом, увеличить кадастровую стоимость пахотных земель;
- 2) изменение структуры землепользования за счет значительного объема залежных угодий, которые в настоящее время не используются.

Первый вариант требует значительных затрат со стороны сельхозпредприятий района и физических лиц, и, в условиях низкой рентабельности сельского хозяйства, в ближайшей перспективе представляет собой чрезвычайно сложную задачу.

Что касается второго варианта, в Заринском районе существуют достаточно крупные площади залежных земель, освоенных во второй половине XX в. и заброшенных в настоящее время. По данным, полученным в ходе картографирования залежных угодий района, их площадь по состоянию на 2019 г. составляет 4,16% площади района. Хотя такие угодья являются сельскохозяйственными, на сегодняшний день они не оказывают обеспечивающих экосистемных услуг по разным причинам (например, из-за нерентабельности распашки, исчезновения субъектов хозяйствования и др.). Таким образом, существует потенциал ведения хозяйственной деятельности на таких угодьях. Например, они могут быть использованы в качестве сенокосов, пастбищ или для лесовосстановления.

Междисциплинарные исследования

Назаренко А.Е.

Для оценки предложенных вариантов использования участков залежных земель, расположенных в рамках конкретных ландшафтных местностей, с точки зрения устойчивого развития необходимо совмещение:

- 1) экологических параметров сельскохозяйственного воздействия;
- 2) экспертных оценок;
- 3) разработанной модели оценки экосистемных услуг.

Для каждой местности были разработаны предложения по организации землепользования на залежных угодьях с учётом особенностей их расположения относительно центров животноводств и лесных массивов (табл. 6).

Таблица 6

Особенности расположения участков залежных земель в границах местностей
Features of the fallow land plots location within the localities

Номер местности	Описание	Залежные угодья, га	Особенности расположения участков залежных земель
1	2	3	4
131	Холмисто-увалистые расчлененные поверхности со злаково-разнотравными луговыми степями и остепненными лугами на черноземах выщелоченных и оподзоленных в сочетании с березовыми и осиново-березовыми остепненными лесами и колками на серых и темно-серых лесных почвах	8793,36	Участки залежных земель практически повсеместно прилегают к лесным массивам, что создает условия, пригодные для сенокосения
134	Первые надпойменные террасы больших и средних рек заболоченные, плоские, местами бугристо-грядовые с березовыми, сосново-березовыми и травяно-кустарниковыми лесами на дерново-слабоподзолистых почвах	262,34	Участки залежных земель находятся вблизи населенных пунктов с развитым мясо-молочным животноводством, окружены пастбищами и пригодны для выпаса скота
135	Пологосклонные долины и балки с ровными плоскими днищами, занятыми остепненными и настоящими лугами и ковыльными степями по склонам на черноземно-луговых, луговых и реже лугово-болотных почвах	1105,42	Участки залежных земель располагаются вблизи небольших рек, где создаются условия, подходящие для сенокосения
136	Поймы больших и средних рек, расчлененные старицами, с разнотравно-злаковыми закустаренными и галофитными лугами на аллювиальных луговых и болотно-луговых почвах в сочетании с ветлово-тополево-кустарниковыми лесами на аллювиальных слоистых почвах	214,15	Участки залежных земель слабо пригодны для сенокосения и распашки в силу избыточного увлажнения. По этой причине более 26% территории местности заняты пастбищами. Предлагаются использования в качестве пастбищ
203	Холмисто-увалистые междуречные расчлененные поверхности с бобово-разнотравно-злаковыми остепненными лугами на черноземах выщелоченных в сочетании с березовыми перелесками на серых и темно-серых лесных почвах (220–330 м)	4074,86	Залежные угодья, как правило, примыкают к сенокосам, доля которых в общей структуре площади здесь – максимальная в районе. Предлагаются для использования в качестве сенокосов
205	Увалистые расчлененные и холмисто-увалистые поверхности с осиново-березовыми высокотравными лесами в сочетании со злаково-разнотравными лугами на темно-серых лесных почвах (240–300 м)	2152,61	Залежные земли почти повсеместно прилегают к лесным массивам, что создает условия, пригодные для сенокосения
206	Приречные пологосклонные расчлененные поверхности с березовыми травяными лесами на темно-серых лесных почвах	2308,59	В данной местности существуют оптимальные условия рельефа для выпаса скота (коэффициент поедаемости пастбищной травы – 0,7). К местности прилегает крупное животноводческое предприятие – ООО «Алтай». В силу низкой лесистости также предлагается лесовосстановление на 123 га залежных земель, прилегающих к лесным массивам

Междисциплинарные исследования
Назаренко А.Е.

Окончание табл. 6

1	2	3	4
207	Террасированные долины с разнотравно-злаковыми и осоково-злаковыми лугами на луговых и болотно-луговых почвах	254,54	Местность прилегает к населенным пунктам с развитым мясо-молочным животноводством в домашних хозяйствах – с. Мироновка, с. Зыряновка. В силу низкой лесистости предлагается лесовосстановление на 12 га залежных земель, прилегающих к лесным массивам
208	Террасированные долины с осиново-березовыми осоковыми и осоково-вейниковыми заболоченными лесами на торфяно-глебовых и перегнойно-глебовых почвах	1876,55	Участки залежных земель расположены в долине р. Аламбай, где существуют условия, подходящие для сенокосения
210	Увалистые с широкими уплощенными вершинами поверхности с осиновыми и пихтово-осиновыми, с примесью березы, высокотравными закустаренными лесами на горно-лесных дерново-глубокоподзоленных почвах (350–400 м)	113,51	Залежные угодья расположены в местностях, которые более чем на 95% покрыты лесами. С учетом активных лесозаготовок, осуществляемых ООО «НИКОС» (с. Тягун), данные участки подходят для проведения лесовосстановления
212	Пологоувалистые слаборасчлененные поверхности с осиново-пихтовыми высокотравными закустаренными лесами на горно-лесных глубокоподзоленных почвах (360–560 м)	0,00	
215	Плоские долины с разнотравно-злаковыми и осоково-злаковыми заболоченными лугами в сочетании с древесно-кустарниковыми зарослями на луговых и лугово-болотных аллювиальных почвах	7,40	

Таблица 7

Оценка экологических параметров сельскохозяйственного воздействия на территории Верхнеобской и Предсалаирской провинций в границах Заринского района при предлагаемых вариантах использования залежных земель, %
Assessment of the environmental parameters of agricultural impact on the territories of the High-Ob and Predsalaïr provinces within the Zarinsky district with the proposed options for the use of fallow lands, %

Провинция	Номер местности	Доля естественных ландшафтов	Доля пашни в общей площади территории	Доля кормовых угодий в площади сельхозугодий	Доля лесных площадей в общей площади территории
Верхнеобская	131	55,54	43,24	36,01	31,18
	134	59,43	12,30	63,26	37,18
	135	64,94	28,08	47,27	39,02
	136	60,92	10,31	75,08	23,03
Предсалаирская	203	51,83	45,80	40,04	20,92
	205	79,17	20,81	52,51	55,92
	206	51,74	45,96	40,76	20,01
	207	62,70	26,11	60,91	20,03
	208	75,82	16,13	65,06	44,08
Верхнеобская провинция		58,41	33,64	42,86	32,13
Предсалаирская провинция		63,06	33,47	46,81	32,95

Предлагаемые трансформации структуры землепользования повлияют на её соответствие экологическим параметрам сельскохозяйственного воздействия (табл. 7).

Как видно из таблицы, предполагаемые изменения использования залежных угодий приведут к тому, что все экологические параметры в каждой местности будут находиться в пределах допустимых границ, что позволит осуществлять на этой территории хозяйственную деятельность без угрозы деградации экосистем и снижения ценности экосистемных услуг.

Междисциплинарные исследования

Назаренко А.Е.

За счет увеличения доли кормовых угодий в общей структуре сельхозугодий значительно увеличится потенциал обеспечивающих услуг сенокосов, а благодаря высокой способности сенокосов к депонированию углерода из атмосферы – также и ценность услуг по регулированию климата.

Увеличение площадей пастбищ несколько снизит способность экосистем к депонированию углерода в некоторых местностях, однако это снижение незначительно по сравнению с ростом объема депонирования в местностях, где предполагается увеличить площадь сенокосов. В целом, предполагаемый вариант трансформации структуры землепользования района за счет вовлечения в оборот залежных земель увеличит ценность экосистемных услуг в районе на 92,11 млн руб/год.

Сравним предлагаемый вариант трансформации с вариантом, который предполагает соответствие всех экологических параметров сельскохозяйственного воздействия оптимальному уровню (табл. 8).

Таблица 8

Сравнение вариантов трансформации структуры землепользования Заринского района
Comparison of the options for transforming the land use structure in the Zarinsky district

<i>Варианты трансформации структуры землепользования</i>	<i>Уровень экологических параметров сельскохозяйственного воздействия</i>	<i>Изменение ценности экосистемных услуг, тыс. руб/год</i>
Существующая структура землепользования	Критический	0
Структура землепользования приводится к соответствию оптимальным параметрам воздействия	Оптимальный	-22816,5
Проводится трансформация структуры землепользования за счет вовлечения в оборот участков залежных земель с учетом их расположения и экологических параметров	Оптимальный (в некоторых местностях – в пределах допустимых границ)	92113,18

Предлагаемый вариант трансформации структуры землепользования, по данным проведенных расчетов, уравнивает экологические и экономические устремления общества, с одной стороны, не допуская деградацию ландшафтов, а, с другой стороны, позволяя увеличить ценность благ, получаемых обществом от экосистем.

Выводы

По результатам исследования получены следующие выводы:

Существует четкая дифференциация структуры ценности экосистемных услуг равнинных и предгорных ландшафтных провинций.

Каждая ландшафтная местность является ценной с точки зрения оказания ряда экосистемных услуг.

Наиболее ценные экосистемные услуги, предоставляемые ландшафтами района, – услуги пахотных угодий, связанные с производством продуктов питания.

Сочетание оценок экосистемных услуг с экспертными оценками, основанными на определении оптимальных параметров сельскохозяйственного воздействия, позволяет определить оптимальный сценарий трансформации структуры землепользования.

Внедрение подобных оценок в практику принятия решений по планированию землепользования даст возможность осознанно осуществлять сельское хозяйство на территории, планировать ценность экосистемных услуг и не допускать её снижения в будущем, что соответствует целям устойчивого развития. При этом следует понимать, что монетарные показатели при проведении таких оценок используются не для определения объемов необходимого финансирования экосистемных услуг, а лишь для определения более рационального варианта использования земель.

Библиографический список

1. Алтайкрайстат. База данных показателей муниципальных образований. URL: <https://www.gks.ru/dbscripts/munst/munst01/DBInet.cgi#1> (дата обращения: 02.04.2020).
2. Бобылев С.Н., Захаров В.М. Экосистемные услуги и экономика. М.: ООО «Типография Левко», 2009. 72 с.
3. Лесной план Алтайского края. Утвержден указом Губернатора Алтайского края от 26.02.2019 № 33. URL: <http://docs.cntd.ru/document/553109198> (дата обращения: 02.04.2020).

Междисциплинарные исследования

Назаренко А.Е.

4. Назаренко А.Е., Краснойрова Б.А. Стоимостная оценка экосистемных услуг по депонированию углерода экосистемами Алтайского края как составляющая перехода к устойчивому развитию // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2018. Вып. 3. Т. 4 (14). С. 89–99.
5. Орлова И.В., Шарабарина С.Н. Реализация методики оценки сельскохозяйственного воздействия на природные системы (на примере Смоленского района Алтайского края) // География и природные ресурсы. 2016. № 2. С. 183–190.
6. О ставках платы за единицу объема лесных ресурсов и ставках платы за единицу площади лесного участка, находящегося в федеральной собственности: Постановление Правительства РФ от 22.05.2007 № 310 (ред. от 18.04.2019).
7. Реймерс Н.Ф., Штильмарк Ф.Р. Особо охраняемые природные территории. М., 1978. 295 с.
8. Цимбалей Ю.М. Ландшафтная карта Алтайского края. Масштаб 1:500000; Барнаул: ИВЭП СО РАН, 2016.
9. Шелото Б.В., Шелото А.А., Горновский А.А. Пастбищное хозяйство: теория и практика: практ. пособие / Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2010. 108 с.
10. Bastian O. Ecosystem properties, potentials and services. The EPPS conceptual framework and an urban application example / O. Bastian, D. Haase, K. Grunewald // Ecological Indicators. 2012. V. 21. P. 7–16. doi: <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2011.03.014>.
11. Bolliger J., Kienast F. Landscape functions in a changing environment // Landsc. Online. 2010. V. 21. P. 1–5. doi: <https://doi.org/10.3097/LO.201021>.
12. Costanza R et al. Changes in the global value of ecosystem services // Global Environmental Change. 2014. V. 26. P. 152–158.
13. Costanza R., Daly H.E. Natural Capital and Sustainable Development. Vol. 6, No. 1 (Mar., 1992). P. 37–46.
14. Dolman A.J. An estimate of the terrestrial carbon budget of Russia using inventory-based, eddy covariance and inversion methods / A.J. Dolman, A. Shvidenko, D. Schepaschenko, P. Ciais, N. Tchepakova, T. Chen, M.K. Van Der Molen, L. Beilelli Marchesini, T.C. Maximov, S. Maksyutov, E.D. Schulze // Biogeosciences. 2012. V. 9. P. 5323–5340. doi: <https://doi.org/10.5194/bg-9-5323-2012>.
15. Ecosystems and human well-being: synthesis. A report of the millenium ecosystem assesment. Washington: Island Press, 2005.
16. Jax K. Ecosystem services and ethics / D.N. Barton, K.M.A. Chan, R. de Groot, U. Doyle, U. Eser, C. Görg, E. Gómez-Baggethun, Y. Griewald, W. Haber, R. Haines-Young, U. Heink, T. Jahn, H. Joosten, L. Kerschbaumer, H. Korn, G.W. Luck, B. Matzdorf, B. Muraca, C. Neßhöver, B. Norton, K. Ott, M. Potschin, F. Rauschmayer, C. von Haaren, S. Wichmann. // Ecological Economics. 2013. Volume 93. P. 260–268. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.06.008>.
17. Koschke L. A multi-criteria approach for an integrated land-cover-based assessment of ecosystem services provision to support landscape planning / L. Koschke, C. Fürst, S. Frank, F. Makeschin // Ecological Indicators. 2012. V. 21. P. 54–66. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.12.010>.
18. MEA. Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment // Island Press. 2003 266 p.
19. Müller F. Ecosystem services at the landscape scale: The need for integrative approaches / F. Müller, R. de Groot, L. Willemen // Landsc. Online / 2010. V. 23. P. 1–11. doi: <https://doi.org/10.3097/LO.201023>.
20. Simoncini R. Constraints and opportunities for mainstreaming biodiversity and ecosystem services in the EU's Common Agricultural Policy: Insights from the IPBES assessment for Europe and Central Asia / R. Simoncini, I. Ring, C. Sandström, C. Albert, U. Kasymov, R. Arlettaz // Land Use Policy. 2019. Volume 88. doi: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104099>.
21. TEEB. The Economics of Ecosystems and Biodiversity: The Ecological and Economic Foundations // Ed. Kumar P. Earthscan. 2010. 422 p. URL: <http://www.teebweb.org/our-publications/teeb-study-reports/ecological-and-economic-foundations> (дата обращения 02.04.2020).
22. USGS. Официальный сайт. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov> (дата обращения 02.04.2020).
23. Wilson C.M., Matthews W.H. Man's impact for the global environment // report of the study of critical environmental problems (SCEP). Cambridge: MIT Press, 1970. 319 p.

References

1. Gks.ru (2020), *Federal State Statistic Service* [online], available at: <https://www.gks.ru/dbscripts/munst/munst01/DBInet.cgi#1> (Accessed 2 April 2020).
2. Bobylev, S. N. and Zaharov, V.M., (2009), *Ecosystem services and economics. Center for Environmental Policy of Russia*, 72 p.
3. Governor of Altai krai (2019), *Forest Plan Of The Altai Krai*. Barnaul, Russia, available at: <http://docs.cntd.ru/document/553109198> (Accessed 2 April 2020).
4. Nazarenko, A. and Krasnoyarova, B. (2018), Cost evaluation of ecosystem services for carbon sequestration by Altai krai ecosystems as a component of transition to sustainable development, *Geopolitics and Ecogeodynamics of regions*, no. 3, pp. 89–99.

Междисциплинарные исследования

Назаренко А.Е.

5. Orlova, I. and Sharabarina, S. (2016), Implementation of a method for assessing agricultural influence on natural systems (on the example of the Smolensk region of the Altai krai), *Geography and natural resources*, no. 2, pp. 183–190.
6. Decree No. 310 (as amended on 04/18/2019), “On rates of payment for a unit of volume of forest resources and rates of payment for a unit of area of a forest plot that is in federal ownership”.
7. Reymers, N. and Shtilmark, F. (1978), *Specially Protected Nature Conservation Areas*, Moscow, Russia.
8. Tsimbaley, Y., Lubenets, L., Tsilikina, S., Kurepina, N. and Vinokurov, Y. (2016), *Landscape Map Of Altai Krai. Scale 1: 500000*, IWEP SB RAS, Barnaul, Russia.
9. Sheluto, B. (2010), *Pasture: Theory And Practice. Practical Guide*, 1st ed. Gorky: Belarusian State Agricultural Academy.
10. Bastian, O., Haase, D. and Grunewald, K. (2012), “Ecosystem properties, potentials and services – The EPPS conceptual framework and an urban application example”, *Ecological Indicators*, 21, pp. 7–16.
11. Bolliger, J. and Kienast, F. (2010), Landscape Functions in a Changing Environment, *Landscape Online*, 21, pp. 1–5.
12. Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S., Kubiszewski, I., Farber, S. and Turner, R. (2014), Changes in the global value of ecosystem services, *Global Environmental Change*, 26, pp. 152–158.
13. Costanza, R. and Daly H.E., (1992). Natural Capital and Sustainable Development, *Conservation Biology*, vol. 6, no. 1, pp. 37–46.
14. Dolman, A., Shvidenko, A., Schepaschenko, D., Ciais, P., Tchepakova, N., Chen, T., van der Molen, M., Beletti Marchesini, L., Maximov, T., Maksyutov, S. and Schulze, E. (2012), “An estimate of the terrestrial carbon budget of Russia using inventory-based, eddy covariance and inversion methods”, *Biogeosciences*, vol. 9, no. 12, pp. 5323–5340.
15. Hales, S., McMichael, A. and Butler, C. (2005), Ecosystems And Human Well-Being, *Health Synthesis*, Geneva: World Health Organization.
16. Jax, K., Barton, D., Chan, K., de Groot, R., Doyle, U., Eser, U., Görg, C., Gómez-Baggethun, E., Griewald, Y., Haber, W., Haines-Young, R., Heink, U., Jahn, T., Joosten, H., Kerschbaumer, L., Korn, H., Luck, G., Matzdorf, B., Muraca, B., Neßhöver, C., Norton, B., Ott, K., Potschin, M., Rauschmayer, F., von Haaren, C. and Wichmann, S. (2013), Ecosystem services and ethics, *Ecological Economics*, 93, pp. 260–268.
17. Koschke, L., Fürst, C., Frank, S. and Makeschin, F. (2012), A multi-criteria approach for an integrated land-cover-based assessment of ecosystem services provision to support landscape planning, *Ecological Indicators*, 21, pp. 54–66.
18. MEA (2003), Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment, *Island Press*, 266 p.
19. Müller, F., De Groot, R. and Willemsen, L. (2010), Ecosystem Services at the Landscape Scale: the Need for Integrative Approaches, *Landscape Online*, no. 23, pp. 1–11.
20. Simoncini, R., Ring, I., Sandström, C., Albert, C., Kasymov, U. and Arlettaz, R. (2019), Constraints and opportunities for mainstreaming biodiversity and ecosystem services in the EU’s Common Agricultural Policy: Insights from the IPBES assessment for Europe and Central Asia, *Land Use Policy*, no. 88, p. 104.
21. TEEB (2020), TEEB Ecological And Economic Foundations, [online], available at: <http://www.teebweb.org/our-publications/teeb-study-reports/ecological-and-economic-foundations> (Accessed 2 April 2020).
22. USGS (2020), *Earthexplorer – Home*, [online] [Earthexplorer.usgs.gov](https://earthexplorer.usgs.gov), available at: <https://earthexplorer.usgs.gov> (Accessed 2 April 2020).
23. Willson, C. and Matthews, W. (1973), *Man's Impact On The Global Environment*, Cambridge, Mass.: MIT Press.

Поступила в редакцию: 06.04.2020.

Сведения об авторе**Антон Евгеньевич Назаренко**

младший научный сотрудник лаборатории ландшафтно-водноэкологических исследований и природопользования, Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения РАН; 656038, Россия, Барнаул, ул. Молодежная, 1

e-mail: nazarenko.iwep@gmail.com

About the author**Anton Ev. Nazarenko**

Junior Researcher, Laboratory for Landscape-Water-Ecological Research and Nature Management, Institute for Water and Environmental Problems, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences;

1, Molodezhnaya st., Barnaul, 656038, Russia

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Назаренко А.Е. Моделирование последствий трансформации структуры землепользования с использованием оценок экосистемных услуг // Географический вестник = Geographical bulletin. 2021. №1 (56). С. 173–186. doi 10.17072/2079-7877-2021-1-173-186.

Please cite this article in English as:

Nazarenko A.E. (2021) Modeling the effects of land use transformation using ecosystem service assessment. *Geographical Bulletin*. No. 1(56). Pp. 173–186. doi: 10.17072/2079-7877-2021-1-173-186.