

УДК 528.94:504 (571.150)  
DOI 10.33764/2411-1759-2023-28-5-93-102

## Оценка и картографирование экосистемных услуг Алтайского края

Б. А. Красноярова<sup>1</sup>, А. Е. Назаренко<sup>1\*</sup>, Т. Г. Плуталова<sup>1</sup>, С. Н. Шарабарина<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Российская Федерация

\* e-mail: harret1992@mail.ru

**Аннотация.** В России в настоящее время оценки экосистемных услуг на региональном уровне (в отличие от национального и локального) недостаточно развиты. В работе представлена региональная оценка основных групп экосистемных услуг и результаты ее апробации для территории Алтайского края; выявлена их пространственная дифференциация в зависимости от природных и социально-экономических условий. Основными единицами анализа выступают муниципальные образования Алтайского края. Оценка проведена с учетом структуры хозяйства и характера землепользования региона исследования, а также роли отдельных экосистемных услуг для его экономики. По результатам оценки проведено зонирование территории и сопоставление с ее ландшафтной структурой; составлены карты-схемы. Зона высокой ценности регулирующих и культурных экосистемных услуг распространена в Алтайской и Салаиро-Кузнецко-Алатаусской горных ландшафтных областях региона, а также в северной части Кулундинской провинции степной зональной области. Для нее характерна высокая ценность депонирования углерода лесами, охотничьих животных и attractiveness ландшафтов. Вторую зону образуют районы с ценными обеспечивающими экосистемными услугами пашен и сенокосов. В природном отношении это степная Южно-Приалейская провинция и лесостепная Верхне-Обская провинция. Здесь производится наиболее ценная в крае растениеводческая продукция. Зону средней и низкой ценности регулирующих и недостаточно освоенных обеспечивающих экосистемных услуг представляют районы западной и южной частей степной зональной области, северной и центральной частей лесостепной. Данные территории не отличаются высокой ценностью каких-либо экосистемных услуг. Результаты исследования способствуют совершенствованию структуры землепользования в муниципальных организациях Алтайского края и разработке стратегий их развития, направленных на оптимальное сочетание целей социально-экономического развития и сохранения качества жизнеобеспечивающих функций его экосистем.

**Ключевые слова:** экосистемные услуги, ландшафт, депонирование углерода, лесозаготовки, Алтайский край, зонирование, ГИС

### Введение

Региональные оценки экосистемных услуг в настоящее время представляют собой один из инструментов долгосрочного планирования природопользования в отдельных странах. Оценки благ, получаемых от экосистем, позволяют сравнивать между собой альтернативные сценарии изменения структуры землепользования и определять объем их роста или потерь с позиций устойчивого развития. Перспективными представляются монетарные оценки, которые позволяют выразить ценность жизнеобеспечивающих функций экосистем в понятной для природопользователей форме.

Так, О. Bastian с соавторами применяли оценки экосистемных услуг регулирования

микроклимата и качества воздуха для различных сценариев озеленения городов [1]. L. Koschke при помощи оценок экосистемных услуг сравнил три сценария землепользования в Саксонии: внедрение цикла короткого севооборота, расширение агролесоводства и развитие лесовосстановления [2]. Оценка экосистемных услуг почв, регулирования климата, attractiveness ландшафтов и обеспечения биоразнообразия с целью прогнозирования землепользования проводилась для Северной Германии [3] и пригорода Барселоны [4]. Применяются такие оценки и для сельскохозяйственных территорий. Компромиссам между развитием сельского хозяйства и экосистемными услугами посвящен ряд исследований [5–9]. Комплексным оценкам экосистемных услуг животноводства и растениеводства, де-

понирования углерода и прироста древесины посвящены исследования [10–13]. С 2019 г. проводятся исследования, направленные на интеграцию подходов и методик к оценкам экосистемных услуг в процесс управления землепользованием в рамках Общей сельскохозяйственной политики ЕС (САР) [14–17].

В России в настоящее время оценки экосистемных услуг находятся на начальной стадии развития. Отечественные исследователи принимали участие в крупных международных проектах, посвященных национальным оценкам экосистемных услуг (в частности – проект ТЕЕВ, в рамках которого проведена оценка экосистемных услуг России), также проведен и ряд локальных оценок, в большинстве своем для особо охраняемых природных территорий и лесных экосистем. Региональным оценкам экосистемных услуг, на наш взгляд, уделено недостаточное внимание, хотя разработки в данном направлении ведутся: А. Г. Розенберг проведена оценка экосистемных услуг для Самарской области [18], А. Е. Назаренко с целью анализа сценариев оптимизации структуры сельскохозяйственного землепользования оценены экосистемные услуги муниципального района в Алтайском крае [19], В. В. Юрак разработаны методические рекомендации по экономической оценке экосистемных услуг [20].

При этом, на практике социально-экономическая составляющая освоения экосистемных услуг территории, как правило, представлена всей совокупностью производственных связей и социальных последствий осуществления хозяйственной деятельности, которые существуют и проявляются в региональном масштабе. Таким образом, существует необходимость в разработке методики, которая позволяла бы объективно оценивать экосистемные услуги любого региона с целью совершенствования структуры землепользования и разработки стратегии пространственного развития, при реализации которой в регионе не ухудшалось бы со временем качество жизнеобеспечивающих функций экосистем.

Особенно актуальными такие оценки являются для регионов, специализирующихся на природозависимых отраслях, в том числе – в сельском и лесном хозяйстве [21], где цен-

ность экосистемных услуг (естественное плодородие почв, продуктивность кормовых угодий, прирост запаса древесины) оказывает определяющее влияние на эффективность хозяйственной деятельности.

### *Материалы и методы исследования*

Территория исследования – Алтайский край, характеризующийся разнообразием природных (ландшафтных) и социально-экономических условий. Основными единицами оценки и анализа экосистемных услуг выступают муниципальные образования [22, 23].

Для идентификации экосистемных услуг применена их классификация, опубликованная в прототипе национального доклада «Экосистемные услуги России» в 2016 г. [24], основанная на разработках МЕА. Работа проведена с учетом структуры хозяйства и землепользования административных районов, а также значения экосистемных услуг для их экономики. Применение данной классификации обеспечивает возможность сравнения полученных результатов с результатами оценок, проводимых на других территориях России и за рубежом. Значение экосистемных услуг основано на оценке вклада конкретной экосистемной услуги в экономику региона и в процесс принятия решений (рис. 1).

Ценность экосистемных услуг определяется:

- а) объемами получаемых от экосистем благ;
- б) объемами затрат, необходимых для восстановления экосистемных услуг при их потенциальном нарушении [25].

Исходя из объектов оценки предлагается комбинировать затратный подход с применением стоимости прямого и косвенного использования в рамках концепции общей экономической ценности. В исследовании используется набор данных, представленных в таблице. Перечень субъектов предпринимательства взят из реестра субъектов малого и среднего предпринимательства, объемы выручки – из открытых данных Федеральной налоговой службы. Конечные результаты оценки представляются в удельных единицах (руб./га/год) в соответствии со сложившейся мировой практикой, для этого учитываются данные площади муниципальных образований.

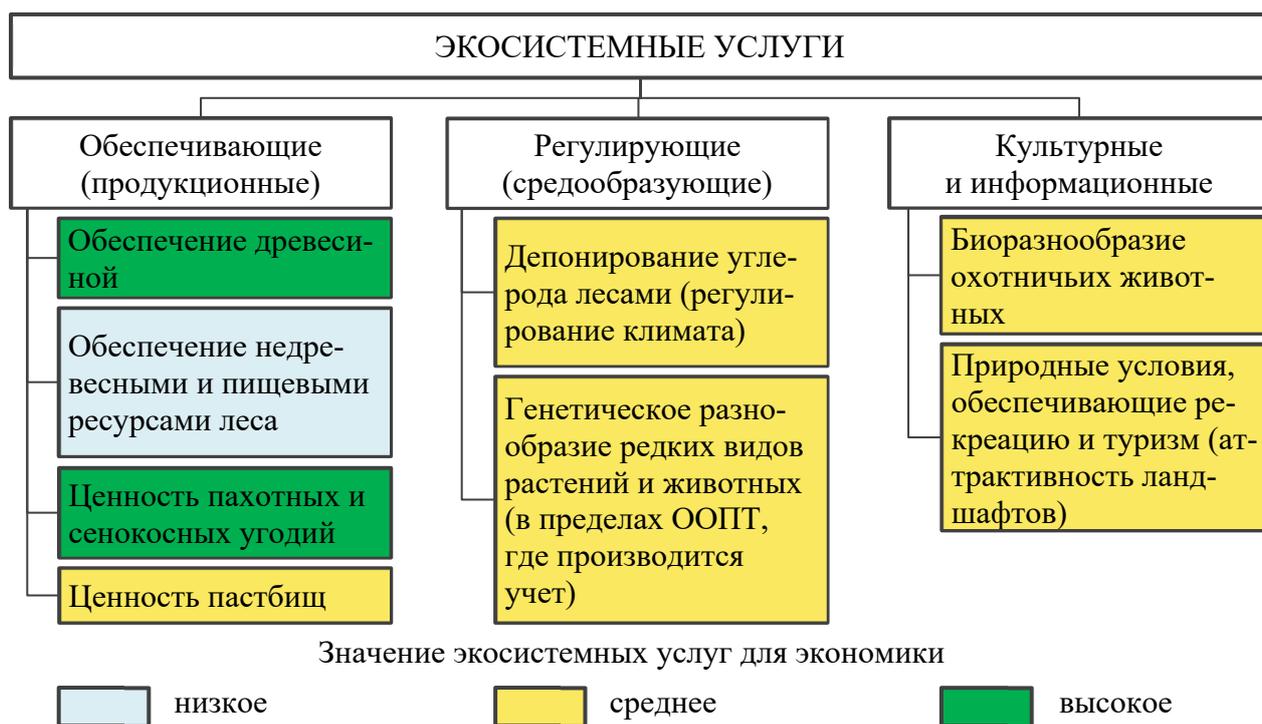


Рис. 1. Классификация экосистемных услуг [24]

### Показатели для оценки экосистемных услуг

Экосистемные услуги	Формула	Показатели для оценки
1. Обеспечение древесиной	$P = \frac{X_{\text{ХВ}} \times C_{\text{ХВ}} + X_{\text{МЛ}} \times C_{\text{МЛ}}}{S}$	<i>P</i> – обеспечение древесиной, руб./га; <i>X</i> – средний объем изъятия древесины хвойных и мягколиственных пород за 10 лет по данным лесного плана региона, куб. м/год; <i>C</i> – стоимость 1 м <sup>3</sup> древесины для лесотаксового района с учетом состава насаждений, руб./куб. м.; <i>S</i> – площадь муниципального района, га
2. Ценность пахотных и сенокосных угодий	$P = \frac{C_{\text{раст}}}{S}$	<i>H</i> – ценность пахотных и сенокосных угодий, руб./га; <i>C<sub>раст</sub></i> – средняя валовая продукция растениеводства в хозяйствах всех категорий за три года (руб./год)
3. Ценность пастбищ	$PAS = \frac{C_{\text{ж}}}{S}$	<i>PAS</i> – ценность пастбищ, руб./га; <i>C<sub>ж</sub></i> – средняя суммарная выручка субъектов предпринимательства в сфере разведения КРС, лошадей, овец и коз за три года (руб./год)
4. Депонирование углерода (регулирование климата)	Расчет объемов депонирования углерода лесами: $D_{\text{л}} = P_i \sum_{1}^4 (ai \times (w \div 100) \times dep)$ Расчет объемов депонирования углерода сенокосами и пастбищами: $D_{\text{нс}} = \sum dep \times S_i$	<i>D</i> – депонирование атмосферного углерода, тонн/год; <i>P<sub>i</sub></i> – площадь лесов в границах района, га; <i>ai</i> – доля породы в составе насаждений; (1)–(4) – возрастные группы насаждений; <i>w</i> – доля возрастной группы в площади насаждений, %; <i>dep</i> – объемы годового депонирования атмосферного углерода по группам древесных пород и возрастным группам, для сенокосов и пастбищ, т/га/год; <i>S<sub>i</sub></i> – площадь пахотных и сенокосных угодий <i>i</i> , (га)

Экосистемные услуги	Формула	Показатели для оценки
	Расчет ценности депонирования углерода: $C_i = \frac{(D_{л} + D_{nc}) \times C_{ср.взв}}{S}$	$C_{ср.взв}$ – средневзвешенная стоимость эмиссии углерода на биржах (руб./тонну)
5. Биоразнообразие охотничьих животных	$Y = \frac{\sum_{an} (T_{an} \times N_{an})}{S}$	$Y$ – ценность охотничьих животных, руб/год; $an$ – виды охотничьих животных и птиц на территории; $T$ – такса для исчисления размера вреда, причиненного охотничьим животным, руб/ед; $N$ – численность охотничьих животных на территории охотничьего хозяйства, ед
6. Природные условия, обеспечивающие рекреацию и туризм	$At = PQ \div S$	$At$ – Природные условия, обеспечивающие рекреацию и туризм, руб./га; $PQ$ – средняя суммарная выручка объектов рекреации и туризма в районе за три года, (руб./год)

На основе вышеприведенного подхода разработана база данных показателей и проведена комплексная оценка потенциала обеспечивающих, регулирующих и культурных экосистемных услуг Алтайского края.

### Результаты исследования и их обсуждение

Оценка обеспечивающих экосистемных услуг показала значительное разнообразие территории Алтайского края по ценности сельскохозяйственных угодий и обеспечению древесиной. Наибольшая ценность пахотных и сенокосных угодий характерна для Павловского, Зонального и Смоленского районов (более 11 тыс. руб./га), а пастбищных угодий – для немецкого, Зонального и Павловского районов – более 2 тыс. руб./га. Максимальная ценность экосистемной услуги по обеспечению древесиной создается в Волчихинском, Тальменском и Михайловском районах – более 250 руб./га.

Оценка регулирующих экосистемных услуг представлена определением объема депонирования углерода лесами и кормовыми угодьями (сенокосами и пастбищами). Результаты оценки показывают существенную дифференциацию районов Алтайского края по продуктивности экосистемной услуги по депонированию атмосферного уг-

лерода. Максимальные значения (более 300 руб./га/год) отмечаются в Залесовском, Троицком и Солтонском районах. Минимальные значения (менее 35 руб./га/год) характерны для Славгородского городского округа, Кулундинского и немецкого национальных районов.

Из культурных экосистемных услуг в Алтайском крае наибольшее значение имеют услуги, обеспечивающие развитие рекреации и туризма. Также к данной группе услуг относятся биоразнообразие охотничьих животных. По первому виду услуг выделяются Алтайский (1 114 руб./га) и Первомайский районы (636 руб./га). В остальных муниципальных образованиях показатели существенно ниже. Ценность биоразнообразия охотничьих животных выше всего в Чарышском, Троицком, Кытмановском районах (более 550 руб./га). Монетарные показатели при проведении таких оценок используются не для определения объемов необходимого финансирования экосистемных услуг, а для определения более рационального варианта использования земель.

Далее результаты каждой оценки были нормированы от 0 до 1, и проведен кластерный анализ полученных данных методом Варда. Выделено три кластера со схожими показателями и на их основе проведено зонирование территории Алтайского края по ценности экосистемных услуг (рис. 2).

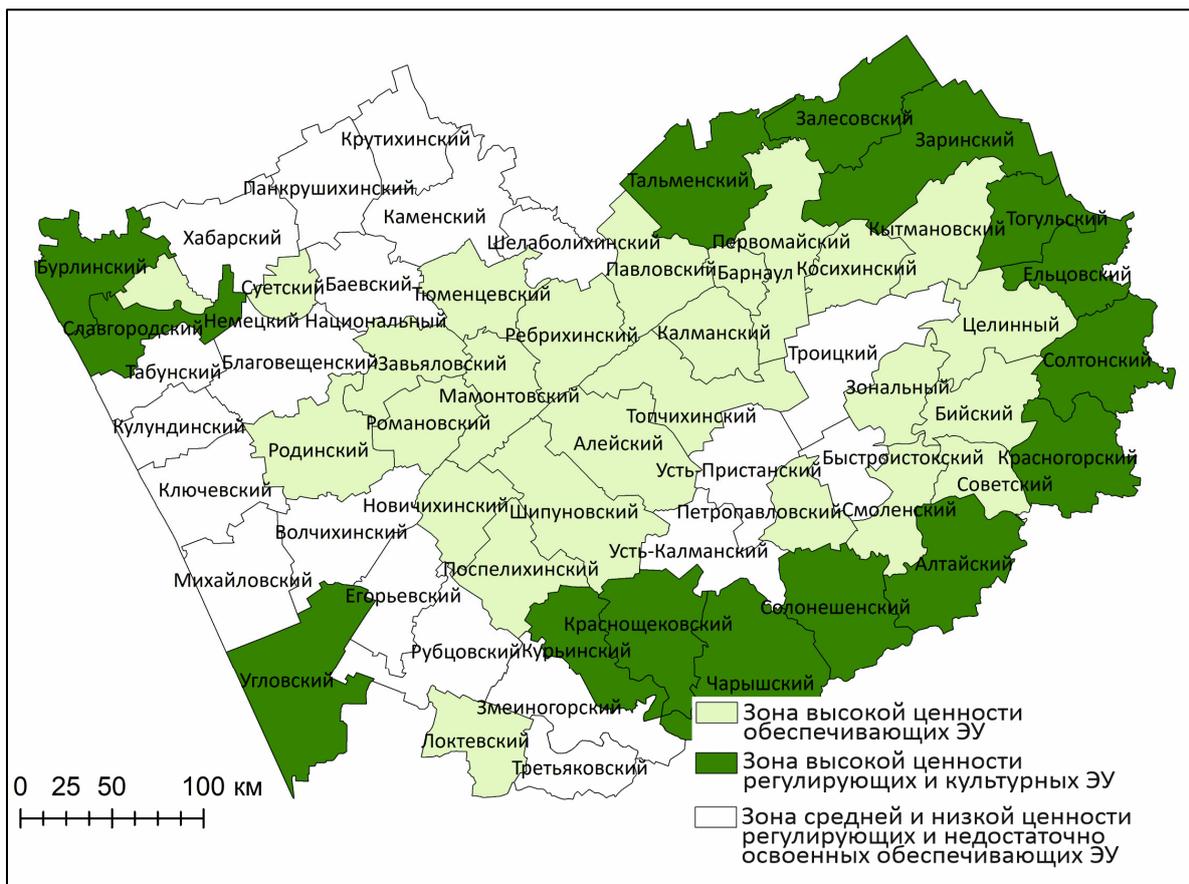


Рис. 2. Зонирование территории Алтайского края по ценности экосистемных услуг

Зона высокой ценности регулирующих и культурных экосистемных услуг занимает предгорно-горную территорию региона. Для нее характерна высокая ценность депонирования углерода лесами и ценность охотничьих животных. Общая ценность ЭУ составляет 8–26 % максимума по краю.

Зону высокой ценности обеспечивающих экосистемных услуг образуют районы с наиболее ценными обеспечивающими экосистемными услугами пашен и сенокосов. Территориально это преимущественно пригородные районы Барнаула и Бийска. В них производится самая ценная в крае растениеводческая продукция. Общая ценность ЭУ составляет 38–100 % максимума по краю.

Зона средней и низкой ценности регулирующих и недостаточно освоенных обеспечивающих экосистемных услуг представлена в основном районами западной и центральной части Алтайского края. Данная территория не отличается высокой ценностью каких-либо экосистемных услуг. Выделяются отдельные

районы по депонированию углерода пастбищами и сенокосами. Следует также отметить, что обеспечивающие ЭУ пашен и сенокосов используются здесь недостаточно эффективно, несмотря на наличие определенного потенциала. Общая ценность ЭУ составляет 24–37 % максимума по краю.

При оценке экосистемных услуг по депонированию углерода и обеспечению древесиной были выявлены территориальные особенности и противоречия (рис. 3). В тех районах, где осуществляется заготовка древесины (объемы выше среднего по краю), значения показателей депонирования углерода лесами невысокие. И, наоборот, в восточной части региона, где наблюдается высокая ценность регулирующих экосистемных услуг по депонированию углерода и значительная площадь расчетной лесосеки, практически не осуществляется производство древесины, хотя имеются деревообрабатывающие предприятия, например, в г. Бийске. Исключение составляют Тальменский, Первомайский и Заринский районы.

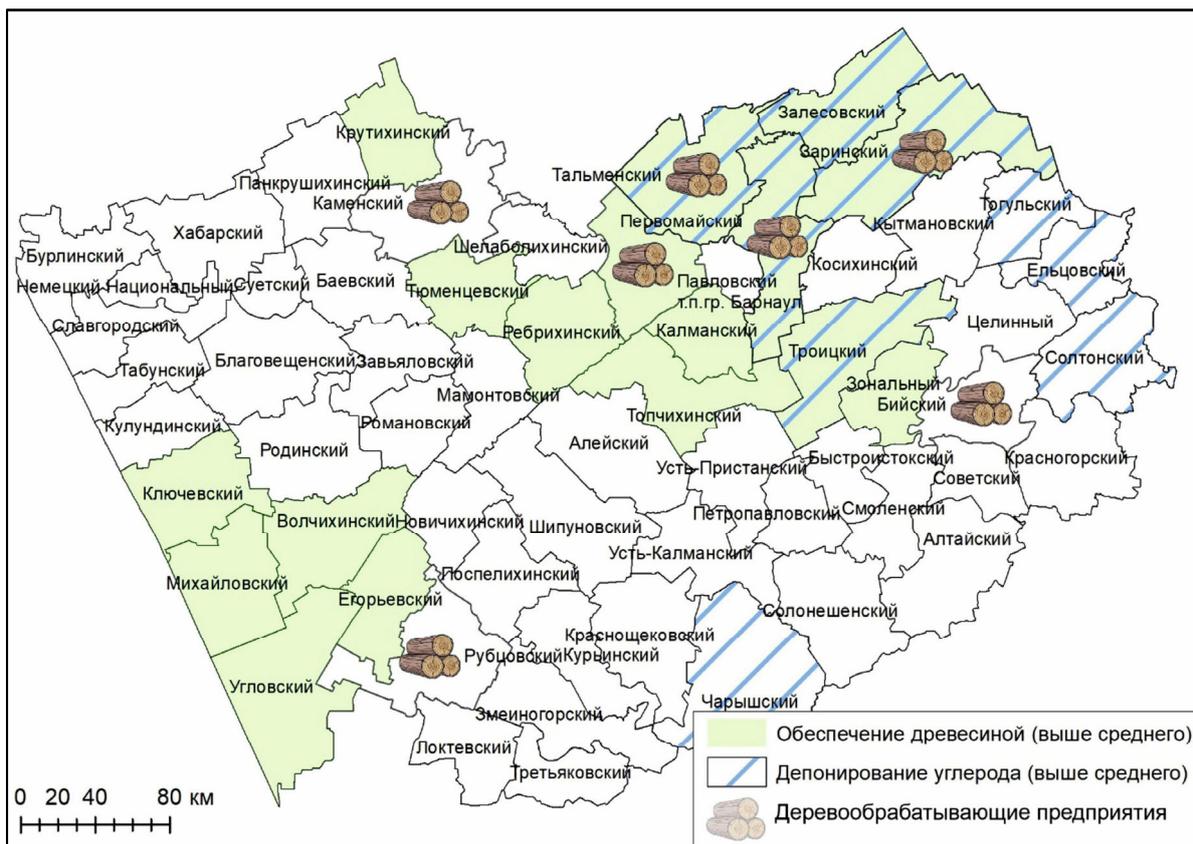


Рис. 3. Оценка экосистемных услуг по депонированию углерода и обеспечению древесиной

По нашим оценкам, в крае заготавливают преимущественно древесину наиболее ценных хвойных пород деревьев в ленточных борах степной зоны, потенциал которых существенно ограничен, и пока остаются не востребованы лесные ресурсы в южной (Чарышский район) и восточной части региона со значительной долей спелых и перестойных насаждений.

### Выводы

Каждая природная система характеризуется целым комплексом экосистемных услуг, ценность и значимость которых определяется природными и социально-экономическими условиями функционирования. Монетарные оценки экосистемных услуг природных ландшафтов Алтайского края позволили выделить следующие пространственные закономерности:

1. Зона высокой ценности регулирующих и культурных экосистемных услуг распространена на территории Салаирской, Северо-Восточной Алтайской, Северо-Западной Ал-

тайской и Северной Алтайской горных ландшафтных провинций, а также в северной части Кулундинской ландшафтной провинции, богатой бальнеологическими ресурсами. Для данной зоны в горных провинциях характерна высокая ценность депонирования углерода лесами, охотничьих животных и attractiveness ландшафтов.

2. Зону высокой ценности обеспечивающих экосистемных услуг образуют районы с ценными обеспечивающими экосистемными услугами пашен и сенокосов. В природном отношении это степная (Южно-Приалейская провинция) и лесостепная (Верхне-Обская провинция) зональные области. Здесь производится самая ценная в крае растениеводческая продукция.

3. Зона средней и низкой ценности регулирующих ЭУ и недостаточно освоенных обеспечивающих экосистемных услуг представлена в основном районами западной и южной частей степной зональной области, северной и центральной частей Верхнеобской лесостепной ландшафтной провинции. Данная

территория не отличается высокой ценностью каких-либо отдельных видов экосистемных услуг. Выделяются отдельные районы по депонированию углерода пастбищами и сенокосами.

В процессе исследования выявлены некоторые противоречия, связанные с оценкой экосистемных услуг леса – в районах переработки древесины значения показателей депонирования углерода лесами невысокие, а в восточной части региона заготовка древесины практически не осуществляется, несмотря на высокую ценность ЭУ.

Благодарности

Исследование выполнено в рамках государственного задания FUFZ-2021-0007.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Bastian O., Haase D., Grunewald K. Ecosystem properties, potentials and services. The EPPS conceptual framework and an urban application example // *Ecological Indicators*. – 2012. – Vol. 21. – P. 7–16.
2. Koschke L., Fürst C., Frank S., Makeschin F. A multi-criteria approach for an integrated land-cover-based assessment of ecosystem services provision to support landscape planning // *Ecological Indicators*. – 2012. – Vol. 21. – P. 54–66.
3. Albert C., Galler C., Hermes J., Neuendorf F., von Haaren C., Lovett A. Applying ecosystem services indicators in landscape planning and management: The ES in-Planning framework // *Ecological Indicators*. – 2016. – Vol. 61, No. 1. – P. 100–113.
4. Basnou C., Baró F., Langemeyer J., Castell C., Dalmases C., Pino J. Advancing the green infrastructure approach in the Province of Barcelona: integrating biodiversity, ecosystem functions and services into landscape planning // *Urban Forestry & Urban Greening*. – 2020. – Vol. 55(004). – P. 126797. – DOI 10.1016/j.ufug.2020.126797.
5. Asadolahi Z., et al. Dynamic trade-off analysis of multiple ecosystem services under land use change scenarios: Towards putting ecosystem services into planning in Iran // *Ecological complexity*. – 2018. – Vol. 36. – P. 250–260.
6. Chabert A., Sarthou J. P. Conservation agriculture as a promising trade-off between conventional and organic agriculture in bundling ecosystem services // *Agriculture, Ecosystems & Environment*. – 2020. – Vol. 292. – P. 106–115.
7. Darvill R., Lindo Z. The inclusion of stakeholders and cultural ecosystem services in land management trade-off decisions using an ecosystem services approach // *Landscape Ecology*. – 2016. – Vol. 31. – P. 533–545.
8. Holt A. R., Alix A., Thompson A., Maltby L. Food production, ecosystem services and biodiversity: We can't have it all everywhere // *Science of The Total Environment*. – 2019. – Vol. 573. – P. 1422–1429.
9. Zhang X., Jin X., Liang X., Ren J., Han B., Liu J., Fan Y., Zhou Y. Implications of land sparing and sharing for maintaining regional ecosystem services: An empirical study from a suitable area for agricultural production in China // *Science of The Total Environment*. – 2022. – Vol. 820(8). – P. 153330. – DOI 10.1016/j.scitotenv.2022.153330.
10. Accatino F., Tonda A., Dross C., Léger F., Tichit M. Trade-offs and synergies between livestock production and other ecosystem services // *Agricultural Systems*. – 2019. – Vol. 168. – P. 58–72.
11. Andersson E., et al. A social–ecological analysis of ecosystem services in two different farming systems // *Ambio*. – 2015. – Vol. 44. – P. 102–112.
12. Bennett E. M., Peterson G. D., Gordon L. J. Understanding relationships among multiple ecosystem services // *Ecology letters*. – 2009. – Vol. 12, No. 12. – P. 1394–1404.
13. Bommarco R., Kleijn D., Potts S. G. Ecological intensification: harnessing ecosystem services for food security // *Trends in ecology & evolution*. – 2013. – Vol. 28, No. 4. – P. 230–238.
14. Dedeurwaerdere T., Polard A., Melindi-Ghidi P. The role of network bridging organisations in compensation payments for agri-environmental services under the EU Common Agricultural Policy // *Ecological economics*. – 2015. – Vol. 119. – P. 24–38.
15. Hauck J. et al. Shades of greening: reviewing the impact of the new EU agricultural policy on ecosystem services // *Change and Adaptation in Socio-Ecological Systems*. – 2014. – Vol. 1, No. 1. – P. 51–62.
16. Van Zanten B. T., et al. European agricultural landscapes, common agricultural policy and ecosystem services: a review // *Agronomy for sustainable development*. – 2014. – Vol. 34. – P. 309–325.
17. Simoncini R., Ring I., Sandström C., Albert C., Kasymov U., Arlettaz 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 // Land Use Policy. – 2019. – Vol. 88 (13). – DOI 10.1016/j.landusepol.2019.104099.

18. Розенберг А. Г. Природный капитал и экосистемные услуги региона. – Тольятти : Кассандра, 2015. – 83 с.

19. Назаренко А. Е. Моделирование последствий трансформации структуры землепользования с использованием оценок экосистемных услуг // Географический вестник. – 2021. – № 1 (56). – С. 173–186.

20. Юрак В. В. Методические рекомендации по экономической оценке регулирующих и социальных экосистемных услуг. – Екатеринбург : Институт экономики УрО РАН, 2018. – 55 с.

21. Рунова Т. Г., Волкова И. Н., Нефёдова Т. Г. Территориальная организация природопользования. – М. : Наука, 1993. – 208 с.

22. Красноярова Б. А., Платонова С. Г., Шарабарина С. Н., Скрипко В. В., Архипова И. В. Природно-хозяйственное районирование Западной Сибири // Географический вестник – 2018. – № 1. – С. 64–72.

23. Кудинова Г. Э., Розенберг А. Г., Костина Н. В. Стоимостная оценка экосистемных услуг при обеспечении устойчивого развития региона (на примере Самарской области) // Вестник Самарского государственного экономического университета. – 2015. – № 8 (130). – С. 17–23.

24. Экосистемные услуги России: Прототип национального доклада. Т. 1. Услуги наземных экосистем. – М. : Изд-во Центра охраны дикой природы, 2016. – 148 с.

25. Назаренко А. Е., Красноярова Б. А. Экосистемные услуги: от глобальных концепций к региональным оценкам // География и природопользование Сибири. – 2017. – № 23. – С. 165–174.

### Об авторах

*Бэлла Александровна Красноярова* – доктор географических наук, профессор, главный научный сотрудник.

*Антон Евгеньевич Назаренко* – кандидат географических наук, младший научный сотрудник.

*Татьяна Геннадьевна Плуталова* – кандидат географических наук, научный сотрудник.

*Софья Николаевна Шарабарина* – кандидат географических наук, научный сотрудник.

Получено 13.06.2023

© Б. А. Красноярова, А. Е. Назаренко,  
Т. Г. Плуталова, С. Н. Шарабарина, 2023

## Ecosystem services assessment and mapping in Altai Krai

*B. A. Krasnoyarova<sup>1</sup>, A. E. Nazarenko<sup>1\*</sup>, T. G. Plutalova<sup>1</sup>, S. N. Sharabarina<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul, Russian Federation

\* e-mail: harret1992@mail.ru

**Abstract.** In Russia, ecosystem service assessments at the regional level (as opposed to national and local) are currently underdeveloped. The article presents a regional assessment of the main groups of ecosystem services and the results of their approbation for the territory of the Altai Krai; their spatial differentiation was revealed depending on natural and socio-economic conditions. The main units of analysis are the regions of the Altai Krai. The assessment was carried out taking into account the structure of the economy and the nature of land use in the study region, as well as the importance of individual ecosystem services for its economy. Based on the results of the assessment, the territory was zoned and compared with its landscape structure; schematic maps were drawn up. The zone of high value of regulating and cultural ecosystem services is spread in the Altai and Salairo-Kuznetsk-Alataus mountainous landscape areas of the region, as well as in the northern part of the Kulunda province of the steppe zonal area. It is characterized by the high value of carbon sequestration by forests, game animals and the attractiveness of landscapes. The second zone is formed by areas with valuable arable land and hayfields providing ecosystem services. In natural terms, these are steppe (South-Prialeiskaya province) and forest-steppe (Upper-Obkskaya province) regions. They produce the most valuable crop products in the region. The zone of medium and low value of regulating and insufficiently developed support-

ing ecosystem services is represented by the areas of western and southern parts of the steppe zonal area, northern and central parts of the forest-steppe zonal area. These territories do not have a high value of any ecosystem services. The results of the study contribute to improving the structure of land use in municipal organisations of Altai Krai and the development of strategies for their development, aimed at an optimal combination of the goals of socio-economic development and preservation of the quality of life-supporting functions of its ecosystems.

**Keywords:** ecosystem services, landscape, carbon sequestration, logging, Altai Krai, zoning, GIS

## REFERENCES

1. Bastian, O., Haase, D., & Grunewald, K. (2012). Ecosystem properties, potentials and services. The EPPS conceptual framework and an urban application example. *Ecological Indicators*, 21, 7–16.
2. Koschke, L., Fürst, C., Frank, S., & 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, 54–66.
3. Albert, C., Galler, C., Hermes, J., Neuendorf, F., von Haaren, C., & Lovett, A. (2016). Applying ecosystem services indicators in landscape planning and management: The ES in-Planning framework. *Ecological Indicators*, 61, 100–113.
4. Basnou, C., Baró, F., Langemeyer, J., Castell, C., Dalmases, C., & Pino, J. (2020). Advancing the green infrastructure approach in the Province of Barcelona: integrating biodiversity, ecosystem functions and services into landscape planning. *Urban Forestry & Urban Greening*, 55(004), P. 126797. DOI 10.1016/j.ufug.2020.126797.
5. Asadolahi, Z., Salmanmahiny, A., Sakieh, Y., Mirkarimi, S. H., Baral, H., & Azimi, M. (2018). Dynamic trade-off analysis of multiple ecosystem services under land use change scenarios: Towards putting ecosystem services into planning in Iran. *Ecological Complexity*, 36, 250–260.
6. Chabert, A., & Sarthou, J. P. (2020). Conservation agriculture as a promising trade-off between conventional and organic agriculture in bundling ecosystem services. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 292, P. 106815.
7. Darvill, R., & Lindo, Z. (2016). The inclusion of stakeholders and cultural ecosystem services in land management trade-off decisions using an ecosystem services approach. *Landscape Ecology*, 31, 533–545.
8. Holt, A. R., Alix, A., Thompson, A., & Maltby, L. (2019). Food production, ecosystem services and biodiversity: We can't have it all everywhere. *Science of the Total Environment*, 573, 1422–1429.
9. Zhang, X., Jin, X., Liang, X., Ren, J., Han, B., Liu, J., Fan, Y., & Zhou, Y. (2022). Implications of land sparing and sharing for maintaining regional ecosystem services: An empirical study from a suitable area for agricultural production in China. *Science of the Total Environment*, 820(8), P. 153330. DOI 10.1016/j.scitotenv.2022.153330.
10. Accatino, F., Tonda, A., Dross, C., Léger, F., & Tichit, M. (2019). Trade-offs and synergies between livestock production and other ecosystem services. *Agricultural Systems*, 168, 58–72.
11. Andersson, E., Nykvist, B., Malinga, R., Jaramillo, F., & Lindborg, R. (2015). A social–ecological analysis of ecosystem services in two different farming systems. *Ambio*, 44, 102–112.
12. Bennett, E. M., Peterson, G. D., & Gordon, L. J. (2009). Understanding relationships among multiple ecosystem services. *Ecology Letters*, 12(12), 1394–1404.
13. Bommarco, R., Kleijn, D., & Potts, S. G. (2013). Ecological intensification: harnessing ecosystem services for food security. *Trends in Ecology & Evolution*, 28(4), 230–238.
14. Dedeurwaerdere, T., Polard, A., & Melindi-Ghidi, P. (2015). The role of network bridging organisations in compensation payments for agri-environmental services under the EU Common Agricultural Policy. *Ecological Economics*, 119, 24–38.
15. Hauck, J., Schleyer, C., Winkler, K. J., & Maes, J. (2014). Shades of greening: reviewing the impact of the new EU agricultural policy on ecosystem services. *Change and Adaptation in Socio-Ecological Systems*, 1(1), 51–62.
16. Van Zanten, B. T., Verburg, P. H., Espinosa, M., Gomez-y-Paloma, S., Galimberti, G., Kantelhardt, J., & Viaggi, D. (2014). European agricultural landscapes, common agricultural policy and ecosystem services: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34, 309–325.
17. Simoncini, R., Ring, I., Sandström, C., Albert, C., Kasymov, U., & 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*, 88(13). DOI 10.1016/j.landusepol.2019.104099.

18. Rozenberg, A. G. (2015). *Prirodnyy kapital i ekosistemnye uslugi regiona [Natural capital and ecosystem services of the region]*. Tolyatti: Kassandra Publ., 83 p. [in Russian].

19. Nazarenko, A. E. (2021). Modeling the effects of land-use transformation using ecosystem services assessments. *Geograficheskiy vestnik [Geographic Bulletin]*, 1(56), 173–186 [in Russian].

20. Yurak, V. V. (2018). *Metodicheskie rekomendatsii po ekonomicheskoy otsenke reguliruyushchikh i sotsial'nykh ekosistemnykh uslug [Guidelines for the economic assessment of regulatory and social ecosystem services]*. Ekaterinburg: Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences Publ., 55 p. [in Russian].

21. Runova, T. G., Volkova, I. N., & Nefedova, T. G. (1993). *Territorial'naya organizatsiya prirodopol'zovaniya [Territorial organization of nature management]*. Moscow: Nauka Publ., 208 p. [in Russian].

22. Krasnoyarova, B. A., Platonova, S. G., Sharabarina, S. N., Skripko, V. V., & Arkhipova, I. V. (2018). Natural and economic zoning of Siberia. *Geograficheskiy vestnik [Geographic Bulletin]*, 1, 64–72 [in Russian].

23. Kudinova, G. E., Rosenberg, A. G., & Kostina, N. V. (2015). Valuation of ecosystem services while ensuring the sustainable development of the region (on the example of the Samara region). *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta [Bulletin of the Samara State Economic University]*, 8(130), 17–23 [in Russian].

24. *Ekosistemnye uslugi Rossii: Prototip natsional'nogo doklada: T. 1, Uslugi nazemnykh ekosistem [Ecosystem services in Russia: Prototype of the national report. Vol. 1, Services of terrestrial ecosystems]*. (2016). Moscow: Center for Wildlife Conservation Publ., 148 p. [in Russian].

25. Nazarenko, A. E., & Krasnoyarova, B. A. (2017). Ecosystem Services: From Global Concepts to Regional Assessments. *Geografiya i prirodopol'zovanie Sibiri [Geography and Nature Management of Siberia]*, 23, 165–174 [in Russian].

#### Author details

*Bella A. Krasnoyarova* – D. Sc., Professor, Chief Researcher.

*Anton E. Nazarenko* – Ph. D., Junior Researcher.

*Tatiana G. Plutalova* – Ph. D., Researcher.

*Sofia N. Sharabarina* – Ph. D., Researcher.

Received 13.06.2023

© B. A. Krasnoyarova, A. E. Nazarenko, T. G. Plutalova, S. N. Sharabarina, 2023