

<https://doi.org/10.33380/2305-2066-2022-11-4-47-59>
УДК 615.211:453.82:242



Оригинальная статья / Research article

Разработка прогнозной модели оценки запасов лекарственных растений с помощью средств ГИС на примере Среднего Урала

А. Ю. Турышев✉, В. Д. Белоногова, В. Г. Лужанин

ФГБОУ ВО «Пермская государственная фармацевтическая академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ФГБОУ ВО ПГФА Минздрава России), 614990, Россия, г. Пермь, ул. Полевая, д. 2

✉ Контактное лицо: Турышев Алексей Юрьевич. E-mail: aleksej2@mail.ru

ORCID: А. Ю. Турышев – <https://orcid.org/0000-0003-3867-5305>; В. Д. Белоногова – <https://orcid.org/0000-0001-8414-4367>; В. Г. Лужанин – <https://orcid.org/0000-0002-6312-2027>.

Статья поступила: 06.09.2022

Статья принята в печать: 17.10.2022

Статья опубликована: 25.11.2022

Резюме

Введение. Интенсивное антропогенное воздействие приводит к резкому сокращению природных запасов многих ценных растений. В связи с этим, ранее полученные данные о запасах быстро устаревают. Поэтому инвентаризация запасов лекарственных растений в Российской Федерации в целом и на Среднем Урале, в частности, остается актуальной проблемой [5–7, 10]. К сожалению, в отечественной фармации современные технологии внедряются недостаточно интенсивно. По нашему мнению, причинами этого являются дорогостоящее программное обеспечение, недостаточность теоретических и практических навыков для работы на персональных компьютерах, а также специфика отрасли. Несмотря на это, применение географических информационных систем (ГИС) в фармации является достаточно перспективным. Использование географических информационных систем в качестве методологической основы позволит осуществить картирование ареалов лекарственных растений, провести анализ растительных сообществ не только для территории Среднего Урала на высоком научном уровне, но и других регионов при наличии соответствующих топооснов [1–4].

Цель. Разработка прогнозных моделей распространения лекарственных растений на основе комплексной оценки состояния популяций дикорастущих лекарственных растений Среднего Урала.

Материалы и методы. Определение запасов сырья изучаемых видов лекарственных растений проводили на конкретных зарослях по общепринятой методике. Подлинность сырья устанавливали макроскопическим методом при сборе образцов сырья. В ходе исследования изучены запасы в 4652 популяций 27 видов лекарственных растений, произрастающих на территории Среднего Урала. Сбор материала проводили в период с 2006 по 2019 при обследовании административных районов Пермского края и Свердловской области. Сравнительную комплексную оценку ресурсоведческих и фитохимических показателей изучали на примере 6 видов дикорастущих лекарственных растений: *Origanum vulgare* L., *Lamiaceae*, *Hypericum perforatum* L., *Hypericaceae* и *Hypericum maculatum* Crantz., *Hypericaceae*, *Tanacetum vulgare* L., *Asteraceae*, *Artemisia absinthium* L., *Asteraceae*, *Leonurus quinquelobatus* Gilib., *Lamiaceae*, *Achillea millefolium* L., *Asteraceae*.

Результаты и обсуждение. В ходе ресурсоведческих и фитохимических исследований представителей лекарственной флоры Среднего Урала проведена комплексная оценка состояния популяций дикорастущих лекарственных растений – источников лекарственного растительного сырья (*herba Origani vulgaris*, *herba Hyperici*, *flores Tanacetum vulgaris*, *herba Artemisiae absinthii*, *herba Achilleae millefolii* и *herba Leonuri*). Проведен геопространственный анализ распределения популяций лекарственных растений по типам почв в пределах регионов Среднего Урала. Отработан алгоритм построения прогнозных моделей распространения популяций дикорастущих лекарственных растений Среднего Урала. Разработан комплект карт «встречаемости» лекарственных растений на исследуемой территории.

Заключение. Проведенный комплекс исследований позволит актуализировать информацию о лекарственной флоре Среднего Урала. Разработанный на примере ряда представителей лекарственной флоры Среднего Урала алгоритм построения прогнозных карт может использоваться для любых регионов при наличии соответствующих топооснов.

Ключевые слова: лекарственные растения, лекарственное растительное сырьё, географические информационные системы, Средний Урал

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Вклад авторов. Все авторы в равной степени участвовали в исследовательской работе, обобщении научной литературы, обсуждении и написании текста статьи.

Для цитирования: Турышев А. Ю., Белоногова В. Д., Лужанин В. Г. Разработка прогнозной модели оценки запасов лекарственных растений с помощью средств ГИС на примере Среднего Урала. *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2022;11(4):47–59. <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2022-11-4-47-59>

Development of a Predictive Model for Estimating Stocks of Medicinal Plants Using GIS Tools on the Example of the Middle Urals

Aleksey Yu. Turyshev✉, Valentina D. Belonogova, Vladimir G. Luzhanin

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Perm State Pharmaceutical Academy" of the Ministry of Health of the Russian Federation, 2, Poleyvaya str., Perm, 614990, Russia

✉ Corresponding author: Aleksey Yu. Turyshev. E-mail: aleksej2@mail.ru

© Турышев А. Ю., Белоногова В. Д., Лужанин В. Г., 2022

© Turyshev A. Yu., Belonogova V. D., Luzhanin V. G., 2022

ORCID: Aleksey Yu. Turyshchev – <https://orcid.org/0000-0003-3867-5305>; Valentina D. Belonogova – <https://orcid.org/0000-0001-8414-4367>;
Vladimir G. Luzhanin – <https://orcid.org/0000-0002-6312-2027>.

Received: 06.09.2022 Revised: 17.10.2022 Published: 25.11.2022

Abstract

Introduction. Intensive anthropogenic impact leads to a sharp reduction in natural reserves of many valuable plants. In this regard, previously obtained data on stocks quickly become obsolete. Therefore, the inventory of stocks of medicinal plants in the Russian Federation as a whole and the Middle Urals, in particular, remains an urgent problem. Unfortunately, modern technologies are not being implemented intensively enough in the domestic pharmacy. In our opinion, the reasons for this are expensive software, insufficient theoretical and practical skills to work on personal computers, as well as the specifics of the industry. Despite this, the use of geographic information systems (GIS) in pharmacy is quite promising [7–9]. The use of geographical information systems as a methodological basis will make it possible to map the areas of medicinal plants, to analyze plant communities not only for the territory of the Middle Urals at a high scientific level [1, 4].

Aim. Development of predictive models for the distribution of medicinal plants based on a comprehensive assessment of the state of populations of wild medicinal plants of the Middle Urals.

Materials and methods. The determination of raw material reserves of the studied species of medicinal plants was carried out on specific thickets according to the generally accepted methodology. The authenticity of raw materials was established by the macroscopic method when collecting samples of raw materials. In the course of the study, stocks of 4652 populations of 27 species of medicinal plants growing in the Middle Urals were studied. The collection of the material was carried out in the period from 2006 to 2019 during the survey of the administrative districts of the Perm Krai and the Sverdlovsk region. A comparative comprehensive assessment of resource and phytochemical indicators was studied using the example of 6 species of wild medicinal plants: *Origanum vulgare* L., *Lamiaceae*, *Hypericum perforatum* L., *Hypericaceae* and *Hypericum maculatum* Crantz, *Hypericaceae*, *Tanacetum vulgare* L., *Asteraceae*, *Artemisia absinthium* L., *Asteraceae*, *Leonurus quinquelobatus* Gilib., *Lamiaceae*, *Achillea millefolium* L., *Asteraceae*.

Results and discussion. In the course of resource and phytochemical studies of representatives of the medicinal flora of the Middle Urals, a comprehensive assessment of the state of populations of wild medicinal plants – sources of medicinal plant raw materials (*herba Origani vulgaris*, *herba Hyperici*, *flores Tanaceti vulgaris*, *herba Artemisiae absinthii*, *herba Achilleae millefolii* and *herba Leonuri*) was carried out. A geospatial analysis of the distribution of medicinal plant populations by soil types within the regions of the Middle Urals was carried out. An algorithm for constructing predictive models of the distribution of populations of wild medicinal plants of the Middle Urals has been worked out. A set of maps of the "occurrence" of medicinal plants in the study area has been developed.

Conclusion. The conducted complex of studies will allow updating information about the medicinal flora of the Middle Urals. Developed on the example of a number of representatives of the medicinal flora of the Middle Urals, the algorithm for constructing forecast maps can be used for any regions in the presence of appropriate topos.

Keywords: medicinal plants, medicinal plant raw materials, geographical information systems, the Middle Urals

Conflict of interest. The authors declare that they have no obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Contribution of the authors. All authors equally participated in research work, generalization of scientific literature, discussion and writing of the text of the article.

For citation: Turyshchev A. Yu., Belonogova V. D., Luzhanin V. G. Development of a predictive model for estimating stocks of medicinal plants using GIS tools on the example of the Middle Urals. *Drug development & registration*. 2022;11(4):47–59. (In Russ.) <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2022-11-4-47-59>

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивное антропогенное воздействие приводит к резкому сокращению природных запасов многих ценных растений. В связи с этим, ранее полученные данные о запасах быстро устаревают. Поэтому инвентаризация запасов лекарственных растений в Российской Федерации в целом и на Среднем Урале, в частности, остается актуальной проблемой [5–7, 10].

К сожалению, в отечественной фармации современные технологии внедряются недостаточно интенсивно. По нашему мнению, причинами этого являются дорогостоящее программное обеспечение, недостаточность теоретических и практических навыков для работы на ПК, а также специфика отрасли. Несмотря

на это, применение ГИС-технологий в фармации является достаточно перспективным.

Использование географических информационных систем в качестве методологической основы позволит осуществить картирование ареалов лекарственных растений [7–9], провести анализ растительных сообществ не только для территории Среднего Урала на высоком научном уровне, но и других регионов при наличии соответствующих топооснов [1–4].

Целью исследования являлась разработка прогнозных моделей распространения лекарственных растений на основе комплексной оценки состояния популяций дикорастущих лекарственных растений Среднего Урала.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сбор материала проводили в период с 2006 по 2019 гг. при обследовании административных районов Пермского края и Свердловской области.

Определение запасов сырья изучаемых видов лекарственных растений проводили на конкретных зарослях по общепринятой методике. Подлинность сырья устанавливали макроскопическим методом при сборе образцов сырья. Исследованы запасы в 4652 популяциях 27 видов лекарственных растений, произрастающих на территории Среднего Урала.

Сравнительную комплексную оценку ресурсоведческих и фитохимических показателей изучали на примере 6 видов дикорастущих лекарственных растений: *Origanum vulgare* L., *Lamiaceae*, *Hypericum perforatum* L., *Hypericaceae*, *Hypericum maculatum* Crantz, *Hypericaceae*, *Tanacetum vulgare* L., *Asteraceae*, *Artemisia absinthium* L., *Asteraceae*, *Leonurus quinquelobatus* Gilib., *Lamiaceae*, *Achillea millefolium* L., *Asteraceae*.

На основе полученного массива ресурсоведческих данных с использованием средств ГИС разработан комплект прогнозных карт встречаемости лекарственных растений.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенных ресурсоведческих исследований были включены в атрибутивную базу данных ГИС «Лекарственные растения Среднего Урала». На следующем этапе с использованием программного обеспечения ГИС нами было проведено сопостав-

ление информации, содержащейся в атрибутивной базе данных.

В основу разработки ГИС «Лекарственные растения Среднего Урала» была взята ГИС «Лекарственные растения Пермского края», созданная А.Ю. Турышевым при содействии ГИС – центра Пермского государственного национального исследовательского университета в 2007 году, в дальнейшем было продолжено ее наполнение [2–4].

В работе использовали топоосновы «Карта Свердловской области 1:200 000», «Карта Пермского края 1:200 000» находящиеся в свободном доступе, а также топоосновы «Типы почв» для регионов исследования, предоставленные ГИС – центром Пермского государственного национального исследовательского университета. В результате обследована лекарственная флора 25 районов Пермского края и 17 районов Свердловской области (рисунок 1).

В результате добавления атрибутов темы «Почвы» к теме «Лекарственные растения» была получена результирующая таблица, включающая приуроченность каждой конкретной популяции к типу почвы.

Итоговая таблица базы данных содержала суммарные данные по каждой популяции лекарственных растений, включая основные ресурсоведческие показатели запасов сырья, показатели оценки качества сырья с каждой популяцией, а также тип почвы, к которой приурочена популяция.

После получения итоговой таблицы было изучено распределение популяций исследуемых видов по приуроченности лекарственных растений к типам

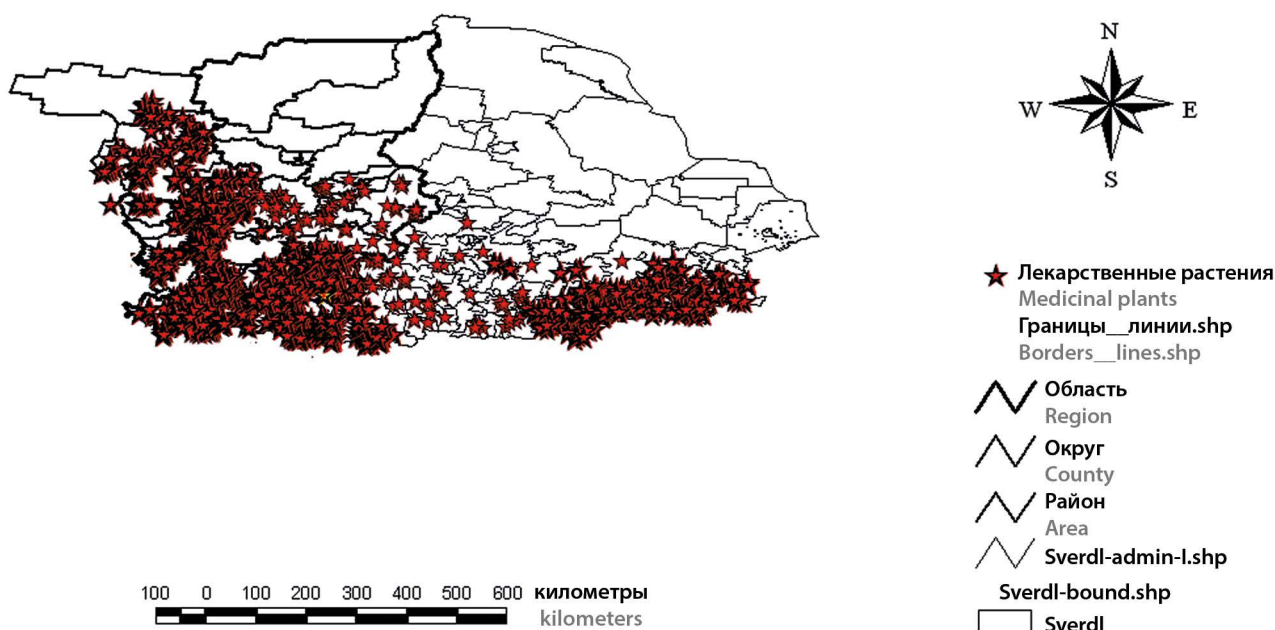


Рисунок 1. Лекарственные растения «Среднего Урала»

Figure 1. Medicinal plants of the "Middle Urals"

почв (в пределах Среднего Урала). Результаты проведенного анализа представлены на рисунке 2.

Результаты статистической оценки влияния типов почв на плотность запаса сырья (ПЗС) представлены в таблице 1.

Статистическая оценка влияния типа почв на ПЗС показала, что средняя плотность запасов травы душицы варьирует от $37,48 \pm 2,02$ кг/га на аллювиальных дерновых кислых почвах до $123,08 \pm 15,2$ кг/га на черноземах оподзоленных и увеличивается в ряду аллювиальные дерновые кислые < дерново-среднеподзолистые < светло-серые лесные < смытые и намытые < черноземы оподзоленные (таблица 1).

Средняя плотность запасов травы зверобоя увеличивается в ряду: серые лесные < аллювиальные дерновые кислые < черноземы оподзоленные < светло-серые лесные < смытые и намытые < дерново-среднеподзолистые (таблица 1).

Средняя плотность запасов цветков пижмы варьирует от $90,20 \pm 10,82$ кг/га на дерново-сильноподзолистых и светло-серых лесных почвах до $248,00 \pm 25,28$ кг/га на черноземах оподзоленных и уменьшается в ряду: черноземы оподзоленные > светло-серые лесные > серые лесные > дерново-среднеподзолистые > смытые и намытые > аллювиальные дерновые кислые > дерново-сильноподзолистые.

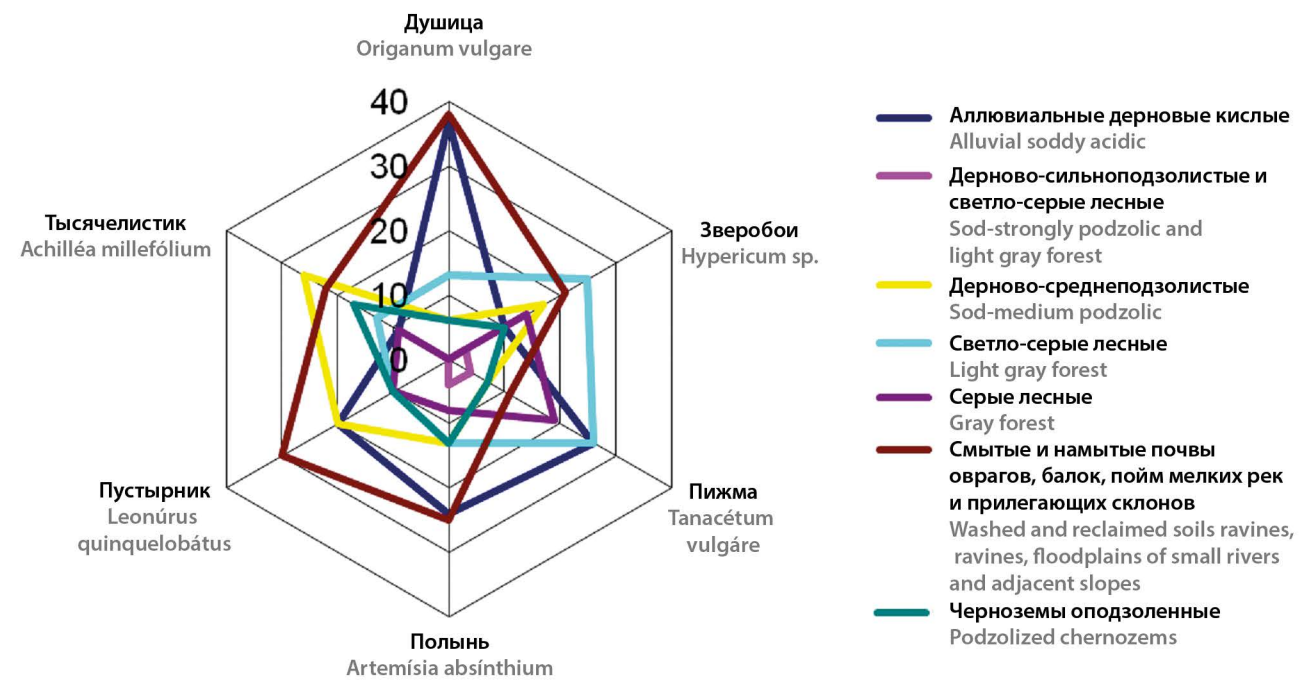


Рисунок 2. Распределение исследуемых популяций по типам почв, %

Figure 2. Distribution of the studied populations by soil types, %

Таблица 1. Сравнительный анализ плотности запасов сырья исследуемых видов по типам почв на территории Среднего Урала

Table 1. Comparative analysis of the density of raw materials stocks of the studied species by soil types in the territory of the Middle Urals

№	Тип почв Soil type	Средняя ПЗС, кг/га Average stock density, kg/he	t, 95*	η², F*
Сравнительный анализ ПЗС травы душицы по типам почв Comparative analysis of the SDM of <i>Origanum vulgare</i> L. herb by soil types				
1	Аллювиальные дерновые кислые Alluvial soddy acidic	$37,48 \pm 2,02$	0,78	$\eta^2 = 63,86 \%$ $p = 0,017$ $F_{\text{факт.}} = 4,86$ $F_{\text{теор. 0,05}} = 3,36$ $\eta^2 = 63,86 \%$ $p = 0,017$ $F_{\text{факт.}} = 4,86$ $F_{\text{теор. 0,05}} = 3,36$
2	Дерново-среднеподзолистые Sod-medium podzolic	$46,31 \pm 11,20$	1,56	
3	Светло-серые лесные Light gray forest	$66,36 \pm 6,26$	2,02	
4	Смытые и намытые Eroded and reclaimed	$81,28 \pm 3,90$	2,66	
5	Черноземы оподзоленные Podzolized chernozems	$123,08 \pm 15,20$	5,58	

Продолжение таблицы 1

№	Тип почв Soil type	Средняя ПЗС, кг/га Average stock density, kg/he	t, 95*	η², F*
Сравнительный анализ ПЗС травы зверобоя по типам почв Comparative analysis of the SDM of Hypericum perforatum L. and Hypericum maculatum Crantz herb by soil types				
6	Дерново-сильнопodzольные и светло-серые лесные Sod-strongly podzolic and light gray forest	42,10 ± 5,05	4,07	η² = 18,57 % p = 0,56 F _{факт.} = 0,84 F _{теор. 0,05} = 2,55 η² = 18.57 % p = 0.56 F _{факт.} = 0.84 F _{theor. 0.05} = 2.55
7	Дерново-среднеpodzольные Sod-medium podzolic	70,03 ± 4,65	0,78	
8	Смытые и намытые Eroded and reclaimed	74,72 ± 3,76	0,27	
9.	Светло-серые лесные Light gray forest	76,19 ± 4,02	1,97	
10	Черноземы оподзоленные Podzolized chernozems	90,76 ± 6,22	1,34	
11	Аллювиальные дерновые кислые Alluvial soddy acidic	104,71 ± 8,33	0,36	
12	Серые лесные Gray forest	108,41 ± 5,86	8,57	
Сравнительный анализ ПЗС цветков пижмы в зависимости от типа почв Comparative analysis of the SDM of Tanacetum vulgare L. herb by soil types				
13	Дерново-сильнопodzольные и светло-серые лесные Sod-strongly podzolic and light gray forest	90,20 ± 10,82	4,46	η² = 23,46 % p = 0,44 F _{факт.} = 1,02 F _{теор. 0,05} = 2,60 η² = 23.46 % p = 0.44 F _{факт.} = 1.02 F _{theor. 0.05} = 2.60
14	Аллювиальные дерновые кислые Alluvial soddy acidic	149,41 ± 7,71	0,32	
15	Смытые и намытые Eroded and reclaimed	154,40 ± 13,79	1,28	
16	Дерново-среднеpodzольные Sod-medium podzolic	180,77 ± 15,36	0,47	
17	Серые лесные Gray forest	189,17 ± 8,96	2,31	
18	Светло-серые лесные Light gray forest	214,34 ± 6,23	1,29	
19	Черноземы оподзоленные Podzolized chernozems	248,00 ± 25,28	5,74	
Сравнительный анализ ПЗС травы полыни в зависимости от типа почв Comparative analysis of the SDM of Artemisia absinthium L. herb by soil types				
20	Смытые и намытые Eroded and reclaimed	80,13 ± 4,81	0,92	η² = 15,80 % p = 0,71 F _{факт.} = 0,63 F _{теор. 0,05} = 2,60 η² = 15.80 % p = 0.71 F _{факт.} = 0.63 F _{theor. 0.05} = 2.60
21	Светло-серые лесные Light gray forest	87,41 ± 6,33	0,55	
22	Черноземы оподзоленные Podzolized chernozems	92,04 ± 5,67	1,93	
23	Дерново – сильнопodzольные и светло-серые лесные Sod – strongly podzolic and light gray forest	122,4 ± 14,69	0,03	
24	Серые лесные Gray forest	122,93 ± 7,20	0,63	
25	Дерново-среднеpodzольные Sod-medium podzolic	129,30 ± 7,08	1,09	
26	Аллювиальные дерновые кислые Alluvial soddy acidic	142,12 ± 9,40	5,87	

№	Тип почв Soil type	Средняя ПЗС, кг/га Average stock density, kg/ha	t, 95*	η², F*
Сравнительный анализ ПЗС травы пустырника в зависимости от типа почв Comparative analysis of the SDM of Leonurus quinquelobatus Gilib. herb by soil types				
27	Черноземы оподзоленные Podzolized chernozems	120,03 ± 18,2	1,00	η² = 39,66 % p = 0,75 F _{факт.} = 0,53 F _{теор. 0,05} = 6,26 η² = 39,66 % p = 0,75 F _{факт.} = 0,53 F _{теор. 0,05} = 6,26
28	Смытые и намытые Eroded and reclaimed	140,82 ± 10,06	0,84	
29	Светло-серые лесные Light gray forest	160,71 ± 21,30	0,78	
30	Дерново-среднеподзолистые Sod-medium podzolic	182,35 ± 17,66	0,48	
31	Аллювиальные дерновые кислые Alluvial soddy acidic	197,02 ± 25,20	0,67	
32	Серые лесные Gray forest	216,79 ± 15,70	4,03	
Сравнительный анализ ПЗС травы тысячелистника в зависимости от типа почв Comparative analysis of the SDM of Achillea millefolium L. herb by soil types				
33	Черноземы оподзоленные Podzolized chernozems	26,93 ± 2,30	0,49	η² = 34,63 % p = 0,27 F _{факт.} = 1,41 F _{теор. 0,05} = 2,74 η² = 34,63 % p = 0,27 F _{факт.} = 1,41 F _{теор. 0,05} = 2,74
34	Аллювиальные дерновые кислые Alluvial soddy acidic	30,10 ± 6,12	1,49	
35	Дерново-среднеподзолистые Sod-medium podzolic	39,75 ± 2,27	2,00	
36	Темно-серые лесные Dark gray forest	53,86 ± 6,70	0,05	
37	Смытые и намытые Eroded and reclaimed	54,24 ± 2,78	0,38	
38	Светло-серые лесные Light gray forest	56,24 ± 4,42	2,93	
39	Серые лесные Gray forest	75,90 ± 5,04	8,83	

Примечание. * t, 95 – критерий Стьюдента при доверительной вероятности 95 %; η² – сила влияния типа почв на плотность запаса сырья; F – критерий Фишера.

Note. * t, 95 – Student's criterion with a confidence level of 95 %; η² – the strength of the influence of soil type on the density of the stock of raw materials; F – Fisher criterion.

Средняя плотность запасов травы полыни варьирует от 80,13 ± 4,81 кг/га на смытых и намытых до 142,12 ± 9,40 кг/га на аллювиальных дерновых кислых почвах и увеличивается в ряду: смытые и намытые < светло-серые лесные < черноземы оподзоленные < дерново-среднеподзолистые и светло-серые лесные < серые лесные < дерново-среднеподзолистые < аллювиальные дерновые кислые.

Средняя плотность запасов травы пустырника на обследованной территории варьирует от 120,03 ± 18,2 кг/га на черноземах оподзоленных до 216,79 ± 15,70 кг/га на серых лесных почвах и увеличивается в ряду: черноземы оподзоленные < смытые и намытые < светло-серые лесные < дерново-среднеподзолистые < аллювиальные дерновые кислые < серые лесные.

Средняя плотность запасов травы тысячелистника варьирует от 26,93 ± 2,30 кг/га на черноземах оподзоленных до 75,90 ± 5,04 кг/га на серых лесных почвах и увеличивается в ряду: черноземы оподзоленные < аллювиальные дерновые кислые < дерново-среднеподзолистые < темно-серые лесные < смытые и намытые < светло-серые лесные < серые лесные.

Проведенный сравнительный анализ показал значительное различие плотностей запасов сырья всех исследуемых видов лекарственных растений в зависимости от типов почв (рисунок 3)

Далее был проведен анализ ПЗС в зависимости от региона произрастания и типов почв (таблица 2).

Сравнительный анализ плотности запаса душицы травы в Пермском крае и Свердловской области по типам почв показал, что ПЗС душицы достоверно вы-

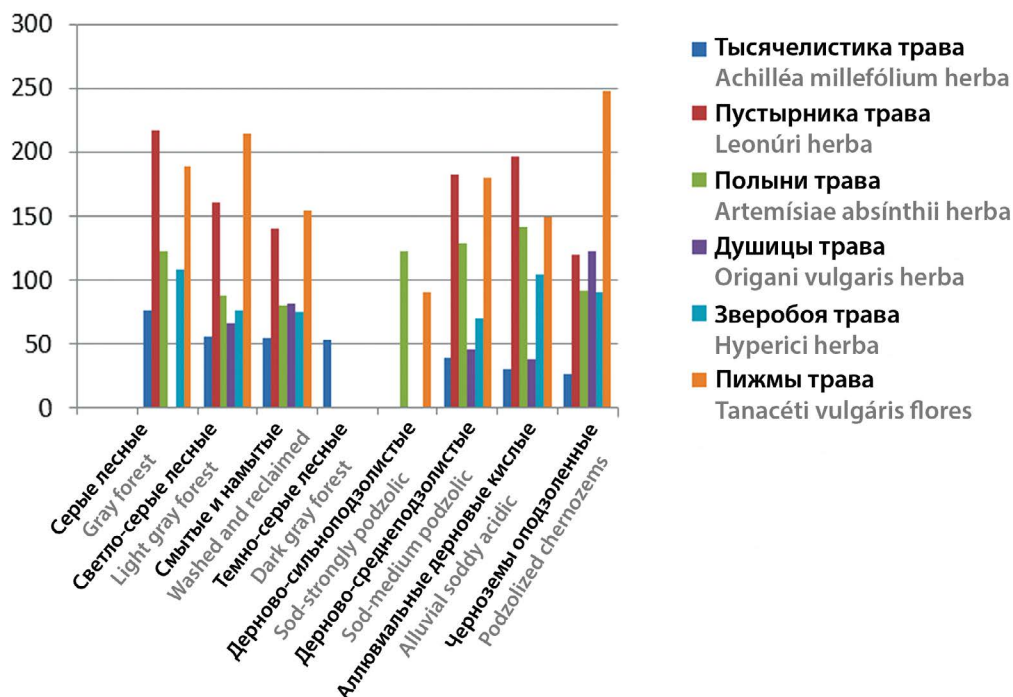


Рисунок 3. Плотность запасов сырья исследуемых видов на различных типах почв, кг/га

Figure 3. The density of raw materials stocks of the studied species on different types of soils, kg/ha

ше на всех типах почв в Свердловской области, кроме смывных и намытых почв.

Сравнительный анализ плотностей запасов зверобоя травы, заготовленной в различных регионах, по типам почв показал, что средняя ПЗС травы зверобоя выше в Свердловской области на всех типах почв, кроме аллювиальных дерновых кислых.

Сравнительный анализ плотностей запасов пижмы цветков в двух регионах по типам почв показал, что средняя ПЗС цветков пижмы в пределах Среднего Урала выше на дерново-среднеpodzольных, свет-

ло-серых лесных и дерново-сильнопodzольных и светло-серых лесных почвах.

Сравнительный анализ плотностей запасов полыни горькой, заготовленной в Пермском крае и Свердловской области, по типам почв показал, что средняя ПЗС полыни горькой в Пермском крае выше на аллювиальных дерновых кислых, дерново-среднеpodzольных и серых лесных почвах по сравнению с Свердловской областью. При этом дисперсионный анализ и *t*-критерий по Стьюденту показывают, что ПЗС в исследованных регионах достоверно не отличаются.

Таблица 2. Оценка влияния типов почв в различных ботанико-географических зонах на плотность запасов сырья исследуемых видов

Table 2. Assessment of the influence of soil types in various botanical and geographical zones on the density of raw materials stocks of the studied species

№	Тип почв Soil type	Средняя ПЗС, кг/га Average stock density, kg/he		t, 95*	η², F*
		Пермский край Perm' region	Свердловская область Sverdlovsk region		
Влияние типа почв Пермского края и Свердловской области на ПЗС душицы Influence of soil type in the Perm Region and Sverdlovsk Region on the SDM of Origanum vulgare L.					
1	Аллювиальные дерновые кислые Alluvial soddy acidic	37,48 ± 2,02	92,62 ± 9,12	5,90	η² = 52,59 % p = 0,03 F _{факт.} = 7,77 F _{теор. 0,05} = 5,59 η² = 52.59 % p = 0.03 F _{факт.} = 7.77 F _{теор. 0,05} = 5.59

№	Тип почв Soil type	Средняя ПЗС, кг/га Average stock density, kg/ha		t, 95*	η^2, F^*
		Пермский край Perm' region	Свердловская область Sverdlovsk region		
2	Дерново-среднеподзолистые Sod-medium podzolic	46,31 ± 11,20	77,20 ± 4,47	2,56	$\eta^2 = 4,13 \%$ $p = 0,57$ $F_{\text{факт.}} = 0,35$ $F_{\text{теор. 0,05}} = 5,32$ $\eta^2 = 4,13 \%$ $p = 0,57$ $F_{\text{факт.}} = 0,35$ $F_{\text{теор. 0,05}} = 5,32$
3	Светло-серые лесные Light gray forest	66,36 ± 6,26	93,40 ± 4,71	3,45	$\eta^2 = 6,69 \%$ $p = 0,47$ $F_{\text{факт.}} = 0,57$ $F_{\text{теор. 0,05}} = 5,32$ $\eta^2 = 6,69 \%$ $p = 0,47$ $F_{\text{факт.}} = 0,57$ $F_{\text{теор. 0,05}} = 5,32$
4	Смытые и намытые Eroded and reclaimed	81,28 ± 3,90	75,08 ± 2,68	1,31	$\eta^2 = 0,35 \%$ $p = 0,77$ $F_{\text{факт.}} = 0,088$ $F_{\text{теор. 0,05}} = 4,24$ $\eta^2 = 0,35 \%$ $p = 0,77$ $F_{\text{факт.}} = 0,088$ $F_{\text{теор. 0,05}} = 4,24$
Влияние типа почв Пермского края и Свердловской области на ПЗС зверобоев Influence of soil type in the Perm Region and Sverdlovsk Region on the SDM of Hypericum perforatum L., Hypericum maculatum Crantz					
5	Аллювиальные дерновые кислые Alluvial soddy acidic	104,71 ± 8,33	77,89 ± 4,98	2,76	$\eta^2 = 8,45 \%$ $p = 0,42$ $F_{\text{факт.}} = 0,74$ $F_{\text{теор. 0,05}} = 5,32$ $\eta^2 = 8,45 \%$ $p = 0,42$ $F_{\text{факт.}} = 0,74$ $F_{\text{теор. 0,05}} = 5,32$
6	Дерново-сильноподзолистые и светло-серые лесные Sod-strongly podzolic and light gray forest	42,10 ± 5,05	100,20 ± 8,08	6,10	—**
7	Светло-серые лесные Light gray forest	76,19 ± 4,02	115,55 ± 4,27	6,71	$\eta^2 = 10,45 \%$ $p = 0,14$ $F_{\text{факт.}} = 2,33$ $F_{\text{теор. 0,05}} = 4,35$ $\eta^2 = 10,45 \%$ $p = 0,14$ $F_{\text{факт.}} = 2,33$ $F_{\text{теор. 0,05}} = 4,35$
8	Серые лесные Gray forest	108,41 ± 5,86	176,88 ± 9,75	6,02	$\eta^2 = 14,19 \%$ $p = 0,20$ $F_{\text{факт.}} = 1,82$ $F_{\text{теор. 0,05}} = 4,84$ $\eta^2 = 14,19 \%$ $p = 0,20$ $F_{\text{факт.}} = 1,82$ $F_{\text{теор. 0,05}} = 4,84$
9	Смытые и намытые Eroded and reclaimed	74,72 ± 3,76	96,76 ± 2,62	4,81	$\eta^2 = 2,01 \%$ $p = 0,42$ $F_{\text{факт.}} = 0,66$ $F_{\text{теор. 0,05}} = 4,15$ $\eta^2 = 2,01 \%$ $p = 0,42$ $F_{\text{факт.}} = 0,66$ $F_{\text{теор. 0,05}} = 4,15$

Продолжение таблицы 2

№	Тип почв Soil type	Средняя ПЗС, кг/га Average stock density, kg/he		t, 95*	η², F*
		Пермский край Perm' region	Свердловская область Sverdlovsk region		
Влияние типа почв Пермского края и Свердловской области на ПЗС пижмы Influence of soil type in the Perm Region and Sverdlovsk Region on the SDM of Tanacetum vulgare L.					
10	Аллювиальные дерновые кислые Alluvial soddy acidic	149,41 ± 7,71	225,142 ± 14,20	4,69	η² = 10,48 % p = 0,30 F _{факт.} = 1,17 F _{теор. 0,05} = 4,96 η² = 10.48 % p = 0.30 F _{факт.} = 1.17 F _{theor. 0.05} = 4.96
11	Дерново-средне-подзолистые Sod-medium podzolic	180,77 ± 15,36	100,20 ± 8,08	2,39	η² = 5,26 % p = 0,55 F _{факт.} = 0,39 F _{теор. 0,05} = 5,59 η² = 5.26 % p = 0.55 F _{факт.} = 0.39 F _{theor. 0.05} = 5.59
12	Светло-серые лесные Light gray forest	214,34 ± 6,23	206,06 ± 15,48	0,50	η² = 0,34 % p = 0,87 F _{факт.} = 0,03 F _{теор. 0,05} = 5,32 η² = 0.34 % p = 0.87 F _{факт.} = 0.03 F _{theor. 0.05} = 5.32
13	Серые лесные Gray forest	189,17 ± 8,96	192,43 ± 19,97	0,15	η² = 0,12 % p = 0,94 F _{факт.} = 0,007 F _{теор. 0,05} = 5,99 η² = 0.12 % p = 0.94 F _{факт.} = 0.007 F _{theor. 0.05} = 5.99
14	Смытые и намывные Eroded and reclaimed	154,40 ± 13,79	156,37 ± 6,02	0,13	η² = 0,01 % p = 0,97 F _{факт.} = 0,002 F _{теор. 0,05} = 4,6 η² = 0.01 % p = 0.97 F _{факт.} = 0.002 F _{theor. 0.05} = 4.6
15	Дерново-сильно-подзолистые и светло-серые лесные Sod-strongly podzolic and light gray forest	90,20 ± 10,82	86,40 ± 10,37	0,25	—**
Влияние типа почв Пермского края и Свердловской области на ПЗС полыни горькой Influence of soil type in the Perm Region and Sverdlovsk Region on the SDM of Artemisia absinthium L.					
16	Аллювиальные дерновые кислые Alluvial soddy acidic	142,12 ± 9,40	154,85 ± 8,06	1,03	η² = 0,28 % p = 0,81 F _{факт.} = 0,06 F _{теор. 0,05} = 4,3 η² = 0.28 % p = 0.81 F _{факт.} = 0.06 F _{theor. 0.05} = 4.3
17	Дерново-средне-подзолистые Sod-medium podzolic	129,30 ± 7,08	107,09 ± 3,78	2,77	η² = 2,41 % p = 0,44 F _{факт.} = 0,62 F _{теор. 0,05} = 4,24 η² = 2.41 % p = 0.44 F _{факт.} = 0.62 F _{theor. 0.05} = 4.24

№	Тип почв Soil type	Средняя ПЗС, кг/га Average stock density, kg/ha		t, 95*	η^2, F^*
		Пермский край Perm' region	Свердловская область Sverdlovsk region		
18	Светло-серые лесные Light gray forest	87,41 ± 6,33	227,59 ± 12,50	10,01	$\eta^2 = 37,58 \%$ $p = 0,06$ $F_{\text{факт.}} = 4,82$ $F_{\text{теор. 0,05}} = 5,32$ $\eta^2 = 37,58 \%$ $p = 0,06$ $F_{\text{факт.}} = 4,82$ $F_{\text{теор. 0,05}} = 5,32$
19	Серые лесные Gray forest	122,93 ± 7,20	107,68 ± 6,73	1,55	$\eta^2 = 0,83 \%$ $p = 0,79$ $F_{\text{факт.}} = 0,08$ $F_{\text{теор. 0,05}} = 5,12$ $\eta^2 = 0,83 \%$ $p = 0,79$ $F_{\text{факт.}} = 0,08$ $F_{\text{теор. 0,05}} = 5,12$
20	Смытые и намывные Eroded and reclaimed	80,13 ± 4,81	130,94 ± 3,68	8,39	$\eta^2 = 13,13 \%$ $p = 0,058$ $F_{\text{факт.}} = 3,93$ $F_{\text{теор. 0,05}} = 4,23$ $\eta^2 = 13,13 \%$ $p = 0,058$ $F_{\text{факт.}} = 3,93$ $F_{\text{теор. 0,05}} = 4,23$
Влияние типа почв Пермского края и Свердловской области на ПЗС пустырника пятилопастного Influence of soil type in the Perm Region and Sverdlovsk Region on the SDM of Leonurus quinquelobatus Gilib.					
21	Аллювиальные дерновые кислые Alluvial soddy acidic	197,02 ± 25,20	144,36 ± 6,94	2,01	$\eta^2 = 7,09 \%$ $p = 0,43$ $F_{\text{факт.}} = 0,69$ $F_{\text{теор. 0,05}} = 5,12$ $\eta^2 = 7,09 \%$ $p = 0,43$ $F_{\text{факт.}} = 0,69$ $F_{\text{теор. 0,05}} = 5,12$
22	Дерново-средне-подзолистые Sod-medium podzolic	182,35 ± 17,66	182,62 ± 9,88	0,01	$\eta^2 = 0,0002 \%$ $p = 0,99$ $F_{\text{факт.}} = 1,4E-05$ $F_{\text{теор. 0,05}} = 5,59$ $\eta^2 = 0,0002 \%$ $p = 0,99$ $F_{\text{факт.}} = 1,4E-05$ $F_{\text{теор. 0,05}} = 5,59$
23	Светло-серые лесные Light gray forest	160,71 ± 21,3	101,35 ± 13,9	2,33	—**
Влияние типа почв Пермского края и Свердловской области на ПЗС тысячелистника обыкновенного Influence of soil type in the Perm Region and Sverdlovsk Region on the SDM of Achillea millefolium L.					
24	Аллювиальные дерновые кислые Alluvial soddy acidic	30,10 ± 6,11	37,92 ± 1,48	1,24	$\eta^2 = 2,77 \%$ $p = 0,51$ $F_{\text{факт.}} = 0,46$ $F_{\text{теор. 0,05}} = 4,49$ $\eta^2 = 2,77 \%$ $p = 0,51$ $F_{\text{факт.}} = 0,46$ $F_{\text{теор. 0,05}} = 4,49$
25	Дерново-средне-подзолистые Sod-medium podzolic	39,75 ± 2,27	26,78 ± 1,30	4,94	$\eta^2 = 12,59 \%$ $p = 0,11$ $F_{\text{факт.}} = 2,88$ $F_{\text{теор. 0,05}} = 4,35$ $\eta^2 = 12,59 \%$ $p = 0,11$ $F_{\text{факт.}} = 2,88$ $F_{\text{теор. 0,05}} = 4,35$

№	Тип почв Soil type	Средняя ПЗС, кг/га Average stock density, kg/ha		t, 95*	η^2 , F*
		Пермский край Perm' region	Свердловская область Sverdlovsk region		
26	Светло-серые лесные Light gray forest	56,24 ± 4,42	46,40 ± 2,68	1,90	$\eta^2 = 3,22 \%$ $p = 0,59$ $F_{\text{факт.}} = 0,29$ $F_{\text{теор. 0,05}} = 5,12$ $\eta^2 = 3,22 \%$ $p = 0,59$ $F_{\text{факт.}} = 0,29$ $F_{\text{теор. 0,05}} = 5,12$
27	Серые лесные Gray forest	41,51 ± 5,04	37,80 ± 2,73	0,65	$\eta^2 = 60,34 \%$ $p = 0,04$ $F_{\text{факт.}} = 7,61$ $F_{\text{теор. 0,05}} = 6,61$ $\eta^2 = 60,34 \%$ $p = 0,04$ $F_{\text{факт.}} = 7,61$ $F_{\text{теор. 0,05}} = 6,61$
28	Смытые и намытые Eroded and reclaimed	54,24 ± 2,78	40,40 ± 1,61	4,30	$\eta^2 = 10,07 \%$ $p = 0,16$ $F_{\text{факт.}} = 2,13$ $F_{\text{теор. 0,05}} = 4,38$ $\eta^2 = 10,07 \%$ $p = 0,16$ $F_{\text{факт.}} = 2,13$ $F_{\text{теор. 0,05}} = 4,38$
29	Черноземы оподзоленные Podzolized chernozems	26,93 ± 2,30	29,98 ± 5,7	0,50	$\eta^2 = 0,72 \%$ $p = 0,89$ $F_{\text{факт.}} = 0,021$ $F_{\text{теор. 0,05}} = 10,13$ $\eta^2 = 0,72 \%$ $p = 0,89$ $F_{\text{факт.}} = 0,021$ $F_{\text{теор. 0,05}} = 10,13$

Примечание. * t, 95 – критерий Стьюдента при доверительной вероятности 95 %; η^2 – сила влияния типа почв на плотность запаса сырья; F – критерий Фишера; ** – единичные значения.

Note. * t, 95 – Student's criterion with a confidence level of 95 %; η^2 – the strength of the influence of soil type on the stock density of raw materials; F – Fisher criterion; ** – single values.

Сравнительный анализ плотностей запасов пустырника травы в регионах исследования показал, что средняя ПЗС пустырника несколько выше в Пермском крае, однако, учитывая схожесть условий обитания данного вида, статистически подтверждено, что тип почв в регионах не оказывает влияния на урожайность сырья.

Сравнительный анализ плотностей запасов тысячелистника травы в регионах исследования по типам почв показал, что ПЗС тысячелистника на дерново-среднеподзолистых, светло-серые лесных, серых лесных и смытых и намытых почвах выше в Пермском крае. Однако, статистически доказано, что эти показатели достоверно не отличаются и влияние типа почв не существенно.

Установлено, что для всех изучаемых видов лекарственных растений наименее перспективными местами потенциальной заготовки являются участки,

приуроченные к темно-серым лесным почвам. Траву душицы также нерационально заготавливать на участках, приуроченных к серым лесным почвам, а траву тысячелистника – на участках с аллювиальными дерновыми кислыми почвами.

На основании данных по приуроченности ЛР к типам почв нами были созданы прогнозные карты встречаемости лекарственных растений в пределах Среднего Урала (рисунок 4).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование позволяет получить принципиально новый картографический материал, включающий комплект прогнозных карт встречаемости дикорастущих лекарственных растений на примере Среднего Урала.

Предложенный алгоритм работы с геопространственным анализом, выполненный для слоев «экспо-

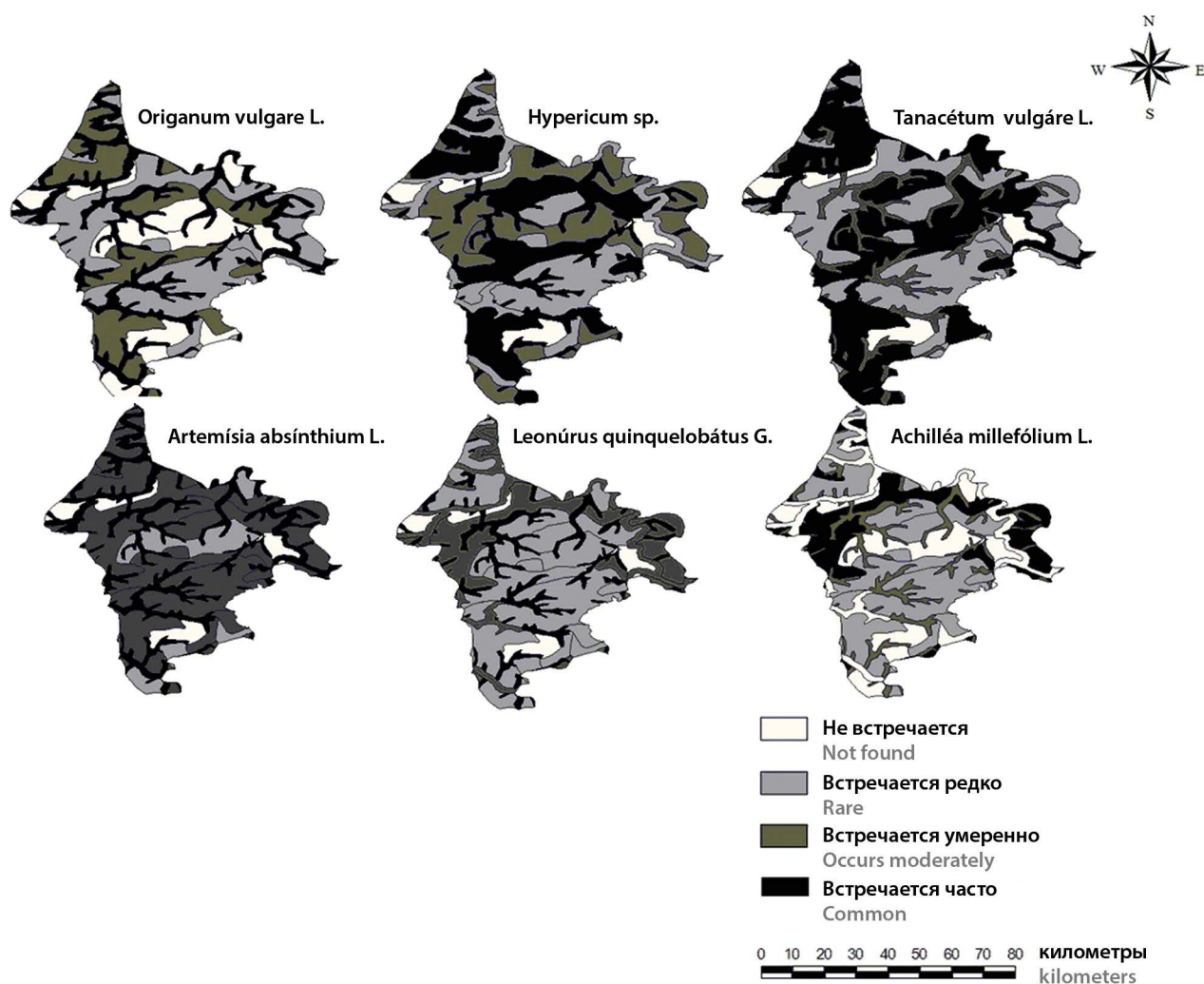


Рисунок 4. Прогнозная карта встречаемости исследуемых видов (на примере Кунгурской островной лесостепи)

Figure 4. Forecast map of the occurrence of the studied species (on the example of the Kungur island forest-steppe)

зиция склонов» и «лекарственные растения», может быть использован для нахождения пространственных отношений между любыми практически значимыми слоями. Разработанный принцип построения прогнозных карт применим для любых регионов при наличии соответствующих топооснов.

При наличии достаточного информационного обеспечения (электронные слои), комбинируя слои данных, открывается возможность поиска областей на местности, наиболее пригодных для произрастания интересующих растений, в том числе и требующих охраны.

ЛИТЕРАТУРА

- Верхотуров А. А., Мелкий В. А. Картографирование растительных сообществ подзоны темнохвойных лесов юга Сахалина на основе космических съемок. *Материалы Международной конференции «ИнтерКарто. ИнтерГИС»*. 2020;26(4):60–72. DOI: 10.35595/2414-9179-2020-4-26-60-72.
- Самофалова И. А. Геомоделирование почвенного покрова на основе обобщенного пространственного анализа территории заповедника «Басеги» (Средний Урал). *Материалы Международной конференции «ИнтерКарто. ИнтерГИС»*. 2020;26(4):131–146. DOI: 10.35595/2414-9179-2020-4-26-131-146.
- Санданов Д. В. Современные подходы к моделированию разнообразия и пространственному распределению видов растений: перспективы их применения в России. *Вестник Томского государственного университета. Биология*. 2019;46:82–114. DOI: 10.17223/19988591/46/5.
- Тептина А. Ю., Лебедева М. Б., Ямалов С. М. О некоторых сообществах петрофитных степей Среднего Урала. *Растительность России*. 2018;33:92–106. DOI: 10.31111/vegrus/2018.33.92.
- Турышев А. Ю., Рябинин А. Е. Изучение дикорастущих лекарственных растений с использованием геопространственного анализа (на примере Свердловской области). *Материалы Международной конференции «ИнтерКарто. ИнтерГИС»*. 2015;21(1):139–145.
- Хасанова Г. Р., Ямалов С. М., Лебедева М. В., Сафин Х. М. Прогноз распространения сорно-полевых сообществ Южного Урала на основе климатического моделирования. *Достижения науки и техники АПК*. 2018;9(32):17–20. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10904.
- Абдуллин Р. К., Шихов А. Н., Тарасов А. В. Структура и информационное наполнение электронного атласа измене-

- ний климата Урала. *Материалы Международной конференции «ИнтерКарто. ИнтерГИС»*. 2019;25(2):247–259. DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-247-259.
8. Королюк А. Ю., Дулепова Н. А., Ямалов С. М., Лебедева М. В., Голованов Я. М., Зверев А. А. Закономерности организации растительности песчаных степей долин рек Самары, Урала и их притоков (Оренбургская область). *Сибирский экологический журнал*. 2018;11(2):173–182. DOI: 10.1134/S1995425518020051.
 9. Шихов А. Н., Перминов С. И., Киселева Е. С. Оценка подверженности бореальных лесов Урала воздействию лесных пожаров и ветровалов по многолетним рядам спутниковых наблюдений. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2017;14(3):87–102. DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-4-87-102.
 10. Tretyakova A., Grudanov N., Kondratkov P., Knyazev M. Aquatic vascular plants of the Middle Urals (Sverdlovsk region, Russian Federation). Occurrence dataset Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin». 2019. DOI: 10.15468/xxuhdl. Available at: GBIF.org. Accessed: 21.01.2020.
 4. Teptina A. Yu., Lebedeva M. B., Yamalov S. M. About some communities of petrophytic steppes of the Middle Urals. *Rastitel'nost' Rossii*. 2018;33:92–106. (In Russ.) DOI: 10.31111/vegus/2018.33.92.
 5. Turyshev A. Y., Ryabinin A. E. The study of wild medicinal plants using geospatial analysis (for example, Sverdlovsk region). *Proceedings of the International conference "InterCarto. InterGIS"*. 2015;21(1):139–145. (In Russ.).
 6. Khasanova G. R., Yamalov S. M., Lebedeva M. V., Safin H. M. Prediction of the distribution of weed-field communities in the Southern Urals based on climate modeling. *Dostizheniya nauki i tehniki*. 2018;9(32):17–20. (In Russ.) DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10904.
 7. Abdullin R. K., Shikhov A. N., Tarasov A. V. Structure and information filling of the digital atlas of climate change of the Ural Region. *Proceedings of the International conference "InterCarto. InterGIS"*. 2019;25(2):247–259. (In Russ.) DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-247-259.
 8. Korolyuk A. Yu., Dulepova N. A., Yamalov S. M., Lebedeva M. V., Golovanov Ya. M., Zverev A. A. Patterns of Sandy steppe vegetation in the valleys of Samara and Ural Rivers and their tributaries in Orenburg Oblast. *Sibirskiy Ekologicheskiy Zhurnal*. 2018;11(2):173–182. (In Russ.) DOI: 10.1134/S1995425518020051.
 9. Shikhov A. N., Perminov S. I., Kiselyova E. S. Assessment of boreal forests vulnerability to fire- and wind-induced disturbances from long-term series of satellite observations within the Urals region. *Sovremennye problem distancionogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2017;14(3):87–102. (In Russ.) DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-4-87-102.
 10. Tretyakova A., Grudanov N., Kondratkov P., Knyazev M. Aquatic vascular plants of the Middle Urals (Sverdlovsk region, Russian Federation). Occurrence dataset Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin». 2019. DOI: 10.15468/xxuhdl. Available at: GBIF.org. Accessed: 21.01.2020.

REFERENCES

1. Verkhoturov A. A., Melkiy V. A. Mapping of vegetation communities of the subzone of dark coniferous forests of the South Sakhalin based on space surveys. *Proceedings of the International conference "InterCarto. InterGIS"*. 2020;26(4):60–72. (In Russ.) DOI: 10.35595/2414-9179-2020-4-26-60-72.
2. Samofalova I. A. Geomodeling of soil cover on the basis of generalized spatial analysis territories of the "Basegi" Reserve (Middle Ural). *Proceedings of the International conference "InterCarto. InterGIS"*. 2020;26(4):131–146. (In Russ.) DOI: 10.35595/2414-9179-2020-4-26-131-146.
3. Sandanov D. V. Modern approaches to modeling the diversity and spatial distribution of plant species: prospects for their application in Russia. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya*. 2019;46:82–114. (In Russ.) DOI: 10.17223/19988591/46/5.