



## Характеристика природно-ресурсного потенциала сельскохозяйственной зоны Красноярского края

© 2024 А. А. Шпедт <sup>1,2</sup>, В. В. Злотникова <sup>1</sup>, Д. В. Емельянов <sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН», ул. Академгородок, 50, г. Красноярск, 660036, Россия. E-mail: [shpedtaleksandr@rambler.ru](mailto:shpedtaleksandr@rambler.ru)

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО Сибирский федеральный университет, Свободный проспект, 79, Красноярск, 660041, Россия.

**Цель исследования.** Оценить природно-ресурсный потенциал (ПРП) сельскохозяйственной территории природных округов Красноярского края, изучить основные характеристики климатических условий.

**Место и время проведения.** Для исследования климатических условий использовали многолетние данные (с 1978 по 2020 гг.) 22 метеорологических станций, расположенных в природных округах Красноярского края.

**Методы.** Для оценки ПРП использовали георесурсную базу данных, включающую информацию о почвах, агроклиматических параметрах и их влиянии на сельскохозяйственные культуры. Почвы и климатические параметры были ранжированы в баллах от 5 до 100. Оценка ПРП выполнена по следующей градации (балл): 1–20 – низкий; 21–40 – пониженный; 41–60 – средний; 61–80 – повышенный; 81–100 – высокий. Анализ климатических условий проведен на основе многолетних данных метеорологических станций в различных природных округах Красноярского края с использованием методов тренд-анализа и сглаживания данных для выявления динамики.

**Основные результаты.** Значения почвенного потенциала варьируют от 32,5 баллов для дерново-подзолистых почв северной лесостепи Канского природного округа до 62,5 баллов для черноземов выщелоченных и обыкновенных северной лесостепи Южно-Минусинского природного округа. Средневзвешенные значения ПРП сельскохозяйственной территории Красноярского края увеличиваются в ряду (балл): подтайга (38,0) – Канский природный округ (45,4) – Красноярский природный округ (46,3) – Ачинско-Боготольский природный округ (47,4) – Чулымско-Енисейский природный округ (47,8) – Назаровский природный округ (49,4) – Южно-Минусинский природный округ (54,3).

**Заключение.** Потепление климата, сопровождаемое существенным повышением количества летних и зимних осадков, смягчением зим и удлинением вегетационного периода, благоприятного для сельскохозяйственных культур и прохождения фазы растений, положительно отразится на ПРП агроландшафтов региона и развитии товарного земледелия, особенно в лесостепной зоне. Может быть расширен видовой и сортовой состав сельскохозяйственных культур; предположительно, эффективным станет возделывание озимых и твердых сортов пшеницы. Улучшение природных условий будет способствовать вовлечению в сельскохозяйственное производство залежных земель. Изменение режимов и свойств почв обусловит трансформацию технологий возделывания сельскохозяйственных культур.

**Ключевые слова:** природно-ресурсный потенциал; изменение климата; сельскохозяйственные земли; природный округ; подтайга; лесостепь; степь; сумма активных температур; сумма осадков.

**Цитирование:** Шпедт. А.А., Злотникова В.В., Емельянов Д.В. Характеристика природно-ресурсного потенциала сельскохозяйственной зоны Красноярского края // Почвы и окружающая среда. 2024. Том 7. № 1. e235. DOI: [10.31251/pos.v7i1.235](https://doi.org/10.31251/pos.v7i1.235)

### ВВЕДЕНИЕ

Оценка природно-ресурсного потенциала (ПРП) территории во многом определяет перспективы дальнейшего ее использования. В сельскохозяйственном природопользовании используют различные виды оценки земель. Они зависят от их назначения и использования. Преобладающие представления об оценке земель сформировались в период массового освоения и были полностью ориентированы на потребителя. Принятие декларации по окружающей среде и развитию в 1992 году в Рио-де-Жанейро и адаптивной парадигмы управления окружающей средой поставили задачи экологизации экономики в зависимости от конкретных условий окружающей среды. Начались поиски компромисса между интенсификацией и экологичностью производства, спектр учитываемых природных условий расширился и, как следствие, повысились требования к дифференцированной оценке земель (Kiryushin, 2020).

Проблема оценки ПРП сельскохозяйственных земель имеет долгую и сложную историю. Наиболее активный период развития оценки земель пришёлся на 1960-70-е годы, когда в разных странах было предложено множество группировок, классификаций и методов оценки земель. За

рубежом широко используют метод оценки пригодности земель для сельскохозяйственного использования, рекомендованный ФАО в 1970-х годах (Soil Resources Management ..., 1976). Согласно этому методу, каждый показатель оценки получает определенный балл (рейтинг), а индекс оценки земли рассчитывают как среднее арифметическое общего количества баллов.

Основным методом оценки земель в СССР являлся естественноисторический подход В.В. Докучаева и бонитировка почв. Теоретической основой бонитировки почв служили установленные В.В. Докучаевым закономерные соотношения между составными частями почвы (закон корреляции в почвоведении), а также между почвами и урожайностью сельскохозяйственных культур. Эти закономерные соотношения не только облегчали более глубокое познание природы почв, но и, что не менее важно, давали возможность правильно выбрать критерии их бонитировки. Главным основанием бонитировки почв служили их природные качества как наиболее объективные и надёжные показатели.

На сегодняшний день природопользование необходимо осуществлять по пути устойчивого развития, сохраняя ПРП территории для будущих поколений. Стратегия устойчивого управления природными ресурсами учитывает не только экономическую эффективность производства, но и включает мероприятия, которые обеспечивают защиту природных ресурсов, уменьшают эрозию почв и предотвращают деградацию земель. Приняв определенные современные технологии и извлекая уроки из прошлого, наше общество сможет и дальше сохранять почвенные ресурсы и производить продукты питания, достаточные для удовлетворения текущих и будущих потребностей населения.

Рациональное, устойчивое природопользование должно базироваться на основе объективной оценки ПРП агроландшафтов, т. е. его исходного состояния и динамики в процессе использования. Качественная оценка ПРП территории служит важным инструментом оптимизации природопользования, включает в себя полный учёт особенностей природной среды, ландшафта, условий тепло- и влагообеспеченности, позволяет повышать продуктивность производственной деятельности, способствует охране и воспроизводству полезных качеств земли, является основой для принятия решений по использованию земель.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

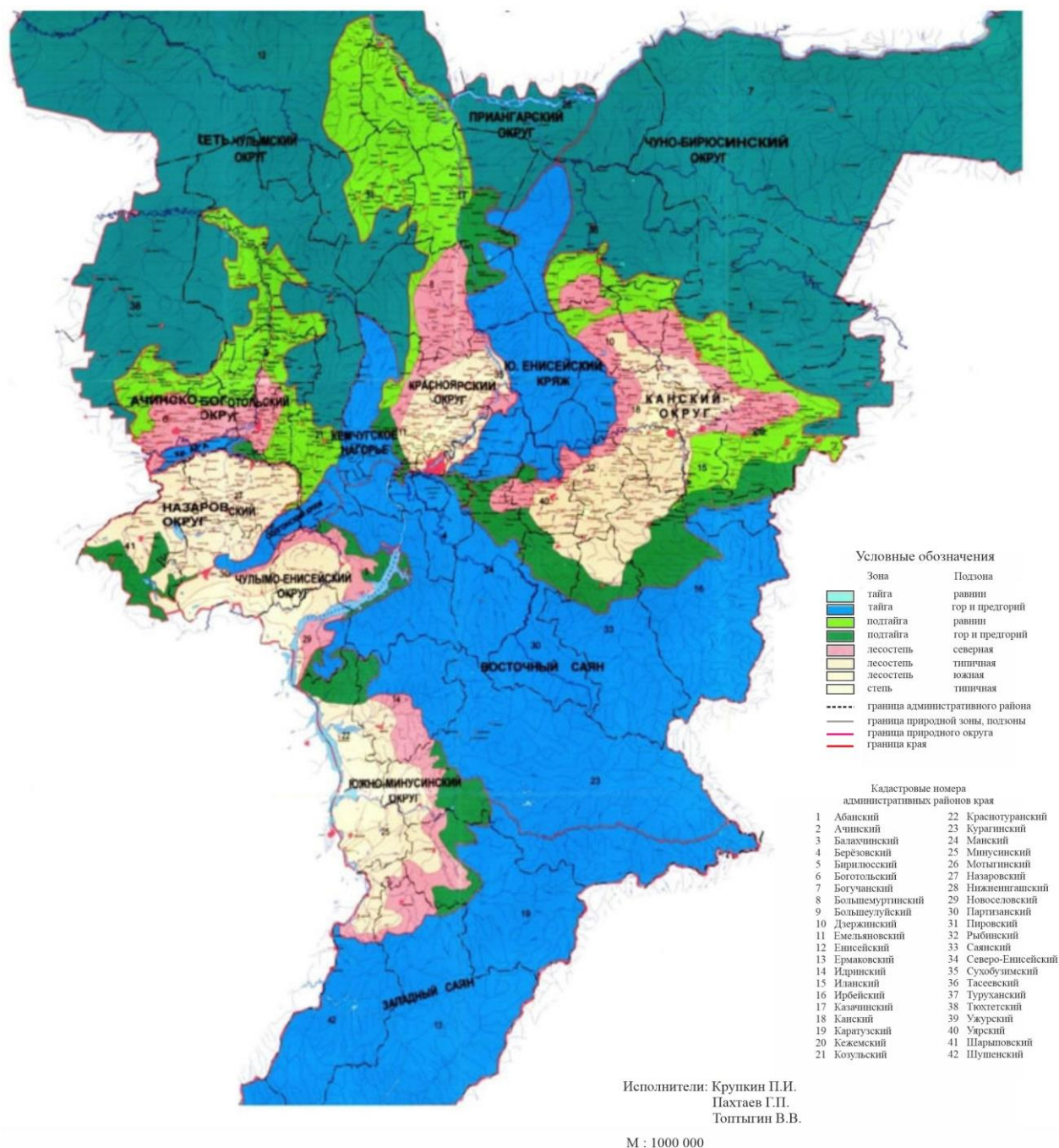
Сельское хозяйство Красноярского края находится в зоне рискованного земледелия. Выращиванием сельскохозяйственной продукции занимаются в центральных и южных частях края. В структуре земель Красноярского края земли сельскохозяйственного назначения составляют 16,80% (39757 тыс. га), из них пашни – 2960 тыс. га. (Государственный доклад ..., 2020).

Земледельческая территория находится в сложных геоморфологических условиях. Её западная часть отделена р. Енисей и представляет собой Западно-Сибирскую низменность, восточная – юго-западная часть Средне-Сибирского плоскогорья, южная – горы Южной Сибири, межгорные впадины и котловины. Разные авторы дают своё название при районировании данной территории, однако разграничивают ее одинаково (Воскресенский, 1980; Воскресенский и др., 1957; Брицина, 1962).

Вся земледельческая территория представлена шестью природными округами (рисунок): Южно-Минусинский, Чулымо-Енисейский, Назаровский, Ачинско-Боготольский, Красноярский, Канский (Система земледелия ..., 2015). Каждый из округов характеризуется собственными природными условиями или отдельными компонентами природы, но, в то же время, имеют много общего; здесь сложились условия для формирования чернозёмов.

Из-за большой протяжённости земледельческой части с севера на юг, а также наличия горных систем и котловин, климат территории имеет свои особенности. Суммарное годовое количество солнечной радиации изменяется от 89 в Енисейске до 100 ккал (см<sup>2</sup>×мин) в Минусинске. Сумма активных температур в пределах края варьирует в широких пределах – от 1400 до 2000 °С. Увеличение теплообеспеченности происходит с севера на юг, с востока на запад, а также от периферий котловин к их центру. Аналогичное положение с протяжённостью безморозного периода, датами весенних и осенних заморозков и т.д. Годовое количество осадков также распределено неравномерно: ведущую роль здесь играют горные системы, каждый горный кряж аккумулирует влагу на наветренных склонах. В отдельные годы на таких склонах фиксируется 600–700 мм осадков в год. Так как основные земледельческие территории находятся в межгорных котловинах, количество осадков здесь существенно меньше (Крупкин, 2002).

Принимая во внимание сложные геоморфологические и климатические условия, оценка ПРП играет важную роль в создании единого механизма, который будет обеспечивать устойчивое природопользование.



**Рисунок.** Карта природного районирования земельной части Красноярского края.

За единицы оценки использованы геоморфологические (природные) округа, природно-территориальные зоны и подзоны, характеризующиеся едиными условиями тепло- и влагообеспеченности. Зоны и подзоны выделены по характеру климата, растительности и почвенного покрова.

Оценку ПРП проводили на основе георесурсной базы данных, включающей систематический список почв, используемых в земледелии, и агроклиматических параметров, имеющих тесную связь с продуктивностью сельскохозяйственных культур, таких как сумма температур воздуха выше 10°C ( $\sum t > 10^\circ\text{C}$ ) и годовая сумма осадков ( $\sum \text{осадков}$ , мм/год). Все почвы и климатические параметры проранжированы в баллах от 5 до 100 (Шпедт, Трубников, 2020).

Расположенные в начале формулы показатели ПРП оказывают наибольшее влияние на результат. Например, для почв таёжной и лесостепной зоны велико значение теплообеспеченности (Т), поэтому уравнение имеет вид:

$$\text{ПРП} = T \vee (O \vee П), \quad (1)$$

где ПРП – природно-ресурсный потенциал, балл; Т – балл за сумму температур выше 10 °С; О – балл за годовую сумму осадков; П – балл за тип и подтип почвы; ∨ – знак нелинейного логического



сложения. Ранжирование баллов за почву, сумму температур выше 10 °С и годовую сумму осадков представлено в методике оценки природно-ресурсного потенциала агроландшафтов России (Шпедт, Трубников, 2020).

Для почвы, расположенной в степной и сухостепной зоне, в дефиците будут осадки, поэтому уравнение принимает вид:

$$\text{ПРП} = \text{O} \vee (\text{T} \vee \text{П}), \quad (2)$$

В результате нелинейного логического сложения частных потенциалов, оценку ПРП рекомендуется выполнять по следующей градации (балл): 1–20 – низкий; 21–40 – пониженный; 41–60 – средний; 61–80 – повышенный; 81–100 – высокий (Шпедт, Трубников, 2020).

С климатом связаны глобальные и региональные почвенно-географические закономерности, определяющие интенсивность и доходность земледелия. Для оценки климатических условий использовали многолетние данные 22 метеорологических станций, расположенных в природных округах Красноярского края. Для расчёта использовали среднегодовую температуру воздуха и годовую сумму осадков станций таких природных округов, как Канский, Красноярский, Ачинско-Боготольский, Чулымо-Енисейский, Южно-Минусинский. Для анализа использовали доступную информацию, получаемую из открытых источников (ВНИИГМИ-МЦД, «Погода и климат»).

Для анализа временных рядов применяли тренд-анализ. Чтобы отчётливо определить периоды с положительной и отрицательной динамикой данные сглаживали при помощи 11-летнего скользящего среднего. Далее его линейное уравнение и величину достоверности аппроксимации ( $R^2$ ) использовали для оценки исследуемого периода (Грешилов, 1997).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Почвенный потенциал варьирует от 32,5 до 62,5 баллов (табл. 1). Для дерново-подзолистых почв северной лесостепи Канского природного округа получены низкие значения по сравнению с чернозёмами выщелоченным и обыкновенным северной лесостепи Южно-Минусинского природного округа, что обусловлено различием почвенных свойств и климатическими условиями.

Чернозёмные почвы занимают около 62% в структуре пахотных массивов сельскохозяйственной территории Красноярского края. Различия значений ПРП черноземов объясняется разнообразием климатических условий (Шпедт, Злотникова, 2022). Например, значения ПРП чернозёма обыкновенного, расположенного в южной лесостепи Чулымо-Енисейского природного округа, составляет 50,7 балла, а расположенного в северной лесостепи Южно-Минусинского природного округа – 62,5. Тепло- и влагообеспеченность в Чулымо-Енисейском округе на порядок ниже, чем в Южно-Минусинском и равна  $\sum t > 10 \text{ } ^\circ\text{C} - 1610 \text{ } ^\circ\text{C}$ ,  $\sum \text{осадков} - 364 \text{ мм/год}$ , что в балльной системе означает 30,0 и 36,4 баллов. Южно-Минусинский природный округ лучше обеспечен теплом и влагой:  $\sum t > 10 \text{ } ^\circ\text{C} - 1760 \text{ } ^\circ\text{C}$ ,  $\sum \text{осадков} - 562 \text{ мм/год}$ , что согласно градации, соответствует 37,5 и 56,2 баллам.

Весьма существенно отличается по количеству тепла и влаги степная зона от лесостепных зон всех округов. Наиболее тёплыми являются подзоны Южно-Минусинской лесостепи, наиболее холодными – Чулымо-Енисейской. Подтаёжная зона в среднем более холодная по сравнению со смежными лесостепными зонами. Эти данные находят отражение в оценке ПРП агроландшафтов. Средневзвешенный ПРП сельскохозяйственной территории Красноярского края варьирует от 38,0 баллов в подтаёжной зоне до 56,4 баллов в типичной степи Южно-Минусинского природного округа. В пределах лесостепной зоны наибольшим ПРП обладает северная подзона Южно-Минусинского природного округа. Средневзвешенный ПРП по округам меняется, в пределах лесостепи – в 1,2 раза. Ещё более контрастно ПРП меняется по природным зонам. В каждом из природных округов есть подзоны, поэтому в пределах округов ПРП несколько нивелирован.

Для земледелия на территории региона наиболее благоприятные условия складываются в типичной степи, где ПРП равен 56,4 балла. Также высоким ПРП обладает лесостепь Южно-Минусинского округа – 54,3 балла. Данные значения обусловлены наличием почв со средним и повышенным плодородием. Значения ПРП южной лесостепи Канского и Красноярского природного округа равно 50,7 баллов. Согласно градации, средневзвешенные ПРП всех зон, кроме подтайги, а также природных округов и подзон относятся к средним значениям. Средневзвешенный ПРП подтайги пониженный. Значения средневзвешенных ПРП для северных округов имеют схожую тенденцию – происходит увеличение по подзонам с севера на юг. В Южно-Минусинском природном округе средневзвешенный ПРП увеличивается в обратном направлении.

**Таблица 1**

Природно-ресурсный потенциал почв (балл) по природным зонам и округам сельскохозяйственной территории Красноярского края

| Природная зона         | Лесостепь |      |      |              |      |      |                      |             |                     |      |                  |      |      | Степь | Зона подтайги |
|------------------------|-----------|------|------|--------------|------|------|----------------------|-------------|---------------------|------|------------------|------|------|-------|---------------|
|                        | Канский   |      |      | Красноярский |      |      | Ачинско-Боготольский | Назаровский | Чулымско-Енисейский |      | Южно-Минусинский |      |      |       |               |
| Подзона                | Юж        | Тип  | Сев  | Юж           | Тип  | Сев  | Сев                  | Тип         | Юж                  | Тип  | Юж               | Тип  | Сев  | Тип   |               |
| Дерново-карбонатные    |           |      |      |              |      |      | 40,3                 | 38,8        |                     |      |                  |      |      |       | 37,2          |
| Дерново-подзолистые    |           |      | 32,5 |              |      | 34,8 | 37,8                 | 36,3        |                     | 33,3 |                  |      | 41,6 |       | 34,7          |
| Серые лесные           | 41,8      | 39,3 | 36,3 | 43,0         | 37,8 | 38,5 | 41,5                 | 40,0        | 36,6                | 37,0 | 46,0             | 43,8 | 45,3 |       | 38,5          |
| Чернозёмы оподзоленные | 45,5      | 49,3 | 46,3 | 46,8         | 47,8 | 48,5 | 51,5                 | 50,0        | 40,4                | 47,0 | 56,0             | 53,8 | 55,3 |       | 48,5          |
| Тёмно серые            | 51,8      | 43,0 | 40,0 | 53,0         | 41,5 | 42,3 | 45,3                 | 43,8        | 46,6                | 40,8 | 49,8             | 47,5 | 49,1 |       | 42,2          |
| Чернозёмы солонцеватые |           |      |      |              |      |      |                      |             |                     |      |                  |      |      | 52,6  |               |
| Чернозёмы карбонатные  |           |      |      |              |      |      | 52,5                 | 50,3        |                     |      |                  |      |      | 52,6  |               |
| Чернозёмы обыкновенные | 52,8      | 53,8 | 51,5 | 53,8         | 51,5 | 53,8 | 57,5                 | 55,3        | 50,7                | 53,4 | 54,5             | 56,8 | 62,5 | 57,6  |               |
| Чернозёмы выщелоченные | 52,8      | 53,8 | 51,5 | 53,8         | 51,5 | 51,3 | 57,5                 | 55,3        | 50,7                | 53,4 | 54,5             | 56,8 | 62,5 | 57,6  | 55,9          |
| Лугово-чернозёмные     | 50,3      | 51,3 | 49,0 | 51,3         | 49,0 | 53,8 | 55,0                 | 52,8        | 48,2                | 50,9 | 52,0             | 54,3 | 59,9 |       | 53,4          |
| Чернозёмы южные        |           |      |      |              |      |      |                      |             |                     |      |                  |      |      | 55,1  |               |
| Болотные               | 46,5      | 46,0 | 36,8 | 47,3         | 44,8 | 38,3 | 40,5                 | 39,3        | 44,1                | 37,6 | 48,5             | 48,5 | 43,4 |       | 38,9          |
| Пойменные              | 39,0      | 38,5 | 44,3 | 39,8         | 37,3 | 45,8 | 48,0                 | 46,8        | 36,6                | 45,1 | 41,0             | 41,0 | 50,9 |       | 46,5          |

Примечание.

Обозначение подзон: Юж – южная, Тип – типичная, Сев – северная.

В таблице 2 приведены расчёты средневзвешенного ПРП агроландшафтов, согласно площади каждой почвы, для подзоны, природного округа и для всей сельскохозяйственной территории.

**Таблица 2**

Средневзвешенный природно-ресурсный потенциал (ПРП) природных округов, подзон и зон

| Природная зона | Природный округ      | Подзона  | Площадь, тыс. га | Средневзвешенный ПРП |      |
|----------------|----------------------|----------|------------------|----------------------|------|
| Лесостепь      | Канский              | южная    | 73               | 50,7                 | 45,4 |
|                |                      | типичная | 920              | 46,5                 |      |
|                |                      | северная | 540              | 42,9                 |      |
|                | Красноярский         | южная    | 85               | 50,7                 | 46,3 |
|                |                      | типичная | 302              | 46,5                 |      |
|                |                      | северная | 390              | 45,2                 |      |
|                | Ачинско-Боготольский | северная | 321              | 47,4                 | 47,4 |
|                | Назаровский          | типичная | 755              | 49,4                 | 49,4 |
|                | Чулымско-Енисейский  | южная    | 154              | 47,5                 | 47,8 |
|                |                      | типичная | 338              | 47,9                 |      |
|                | Южно-Минусинский     | южная    | 204              | 53,3                 | 54,3 |
|                |                      | типичная | 584              | 53,8                 |      |
| северная       |                      | 472      | 55,4             |                      |      |
| Степь          | Южно-Минусинский     | типичная | 144              | 56,4                 | 56,4 |
| Подтайга       |                      |          | 2878             | 38,0                 | 38,0 |

Исследования климатологов показали, что природный потенциал территории определяется гармоничным сочетанием света, тепла, влаги и питательных веществ для растений. По данным предыдущих исследований известно, что наблюдается повышение хода среднегодовых температур с 1971 года и сумм осадков с 1978 года (Второй оценочный доклад ..., 2014; Shpedt et al., 2019). Анализ полученных данных свидетельствует о том, что за этот период на территории природных округов произошло увеличение среднегодовой температуры воздуха на 1,57 °С при тренде равном +0,032 °С/год ( $R^2 = 0,67$ ), достигшее 1,48 °С в 2020 году. Также отмечено увеличение суммы осадков на 95 мм при тренде 2,3 мм/год ( $R^2 = 0,85$ ), достигшее значения 497 мм в 2020 году. (Шпедт и др., 2023).

За исследуемый период на территории всех природных округов произошло увеличение среднегодовых температур и сумм осадков (табл. 3, 4).

Таблица 3

Тренд среднегодовой температуры воздуха за 1971–2020 гг.

| Природный округ      | Среднегодовая температура на 1971 год, °С | Среднегодовая температура на 2020 год, °С | Значение тренда температур, °С/год | $R^2$ |
|----------------------|---|---|------------------------------------|-------|
| Чулым-Енисейский     | -0,79                                     | 0,19                                      | +0,0201                            | 0,43  |
| Южно-Минусинский     | 0,58                                      | 2,14                                      | +0,0317                            | 0,65  |
| Канский              | -0,54                                     | 1,08                                      | +0,0330                            | 0,68  |
| Красноярский         | -0,28                                     | 1,43                                      | +0,0350                            | 0,70  |
| Ачинско-Боготольский | 0,42                                      | 2,15                                      | +0,0353                            | 0,59  |

Примечание (здесь и далее в табл. 4).

$R^2$  – величина достоверности аппроксимации.

Таблица 4

Тренд среднегодовой суммы осадков за 1978–2020 гг.

| Природный округ      | Среднегодовая сумма осадков на 1978 год, мм | Среднегодовая сумма осадков на 2020 год, мм | Значение тренда сумм осадков, мм/год | $R^2$ |
|----------------------|---|---|--------------------------------------|-------|
| Ачинско-Боготольский | 466,4                                       | 504,6                                       | +0,909                               | 0,43  |
| Чулым-Енисейский     | 372,6                                       | 413,8                                       | +0,9813                              | 0,46  |
| Южно-Минусинский     | 383,3                                       | 483,2                                       | +2,3782                              | 0,66  |
| Красноярский         | 442,7                                       | 545,4                                       | +2,4462                              | 0,79  |
| Канский              | 384,3                                       | 504,2                                       | +2,8557                              | 0,83  |

Наиболее надежные тренды выявлены для Красноярского, Канского и Южно-Минусинского природных округов. Здесь отмечается более быстрое увеличение среднегодовых температур и общего количества осадков, что приводит к повышению тепло- и влагообеспеченности этих территорий.

Сиротенко О.Д. с соавторами (2007) показали, что наблюдаемые за последние 30 лет изменения климата способствуют росту потенциальной продуктивности сельского хозяйства на значительной части территории РФ, где производится не менее 85% сельскохозяйственной продукции. Вместе с тем, отмечается рост аридности климата в ряде районов Сибири, приводящий к снижению продуктивности агроферы.

Предполагаем, что трансформация почвенно-земельных ресурсов Красноярского края происходит следующим образом. Основные преобразования происходят на видовом, родовом и подтиповом уровнях; редко один тип почв сменяется другим. Эти изменения идут в местах смены природных зон и подзон, отчасти в переходных полосах. На большей части каждой природной зоны и подзоны зональные и провинциальные свойства почв сохраняются.

В южной тайге происходит изменение соотношения дерново-подзолистых и подзолистых почв в пользу первых. При смещении границы южной тайги к северу наблюдается замена дерново-подзолистых почв серыми лесными почвами. В настоящее время морфологически различить эти типы почв довольно сложно. Происходит естественное осушение болот и деградация торфяных слоев. В равнинных таёжных районах, при улучшении климатических параметров, ограничивающим фактором для сельского хозяйства становятся почвенные условия, прежде всего, дефицит элементов питания. Значение данной подзоны в сельскохозяйственном производстве растёт (Shpedt et al., 2019).

В южной тайге и северной лесостепи усиливается процесс гумусонакопления. В лесостепи меняется соотношение чернозёмов, лугово-чернозёмных и серых лесных почв. Лугово-чернозёмные и тёмно-серые лесные почвы можно будет диагностировать как чернозёмы выщелоченные и оподзоленные. Содержание, запасы и состав гумуса почвы остаются прежними на пахотных землях. Почвы, находящиеся под пашней, подвергаются дегумификации. На части пахотных массивов мощность гумусового горизонта уменьшается. При уменьшении гумусового горизонта <20–22 см происходит припахивание почвообразующих пород. Выход на дневную поверхность и поступление в гумусовый горизонт позднеплейстоценовых, высококарбонатных пород сартанской свиты резко ухудшает свойства почв, приводит к снижению их плодородия и сельскохозяйственной значимости (Шпедт, 2021).

В летний период запасы воды в метровом слое данных почв, благодаря увеличению осадков, остаются без изменения. Вместе с тем из-за увеличения количества тепла торфяная толща интенсивно минерализуется. Возрастает площадь остепенённых участков, где усиливается степень солонцеватости почв.

Для почв степных ландшафтов увеличивается степень иссушения. Согласно модельным комплексным прогнозам при сохранении современного уровня агротехники и географического распространения посевов, урожайность зерновых культур в степной зоне может снизиться на 20–25% (Shpedt et al., 2019). Увеличиваются площади земель, подверженные дефляционным процессам, усиливается процесс дегумификации почв. В сухостепных ландшафтах требуется развитие оросительной инфраструктуры, без которой невозможно станет вести экономически рентабельное земледелие. Без орошения значительную часть пахотных земель можно будет использовать только как малопродуктивные пастбища. Лимитирующим фактором плодородия в лесостепной и степной зоне является недостаток элементов питания растений, что требует применения минеральных, прежде всего азотных и фосфорных, удобрений.

Необходимо учесть, что антропогенное воздействие на почвенно-земельные ресурсы превышает воздействие естественных природных изменений. Существует повышенный риск технологической деградации почв, эрозии, образования солонцов и засоления, опустынивания, засух и пожаров. Естественная граница леса в природных округах смещается от центра к периферии. В таких условиях экологическое состояние ландшафтов и почвенно-земельных ресурсов зависит от уровня развития интеллектуальных и производственных ресурсов агросообщества. Кроме того, важно внедрение системы регулярных и детальных наблюдений для выявления тенденций изменений и прогнозирования состояния почв.

В результате иссушения болот (степень заболоченности лесостепной зоны составляет более 5%) в оборот могут быть вовлечены значительные массивы пригодных для сельскохозяйственного пользования почв. В оборот должны поступить значительные площади (около 1 млн га) залежных земель, на которых идёт интенсивное воссоздание природных зональных биогеоценозов, а также восстановление гумусного состояния почв и запасов элементов питания растений.

## ВЫВОДЫ

Продуктивность и устойчивость системы землепользования определяется взаимодействием между земельными ресурсами, климатом и деятельностью человека. В условиях изменения климата, выбор правильных систем землепользования имеет важное значение для минимизации деградации земель, восстановления нарушенных земель, обеспечения устойчивого использования земельных ресурсов. Согласно средневзвешенным значениям природно-ресурсного потенциала (ПРП) условия возделывания сельскохозяйственных культур улучшаются в ряду (балл): подтайга (38) – Канский природный округ (45,4) – Красноярский природный округ (46,3) – Ачинско-Боготольский природный округ (47,4) – Чулым-Енисейский природный округ (47,8) – Назаровский природный округ (49,4) – Южно-Минусинский природный округ (54,3). Средневзвешенный ПРП для всей земледельческой территории равен 45,0 баллам, что соответствует среднему значению.

Потепление климата, сопровождаемое увеличением количества зимних и летних осадков, смягчением зим и удлинением вегетационного периода, благоприятного для культурных растений и прохождения их фенофаз, окажет положительное влияние на развитие товарного земледелия региона, преимущественно в лесостепной зоне. Не исключено расширение видового и сортового состава сельскохозяйственных культур, вероятно, оптимальным станет возделывание озимых и твёрдых сортов пшеницы. Преобразование природных условий будет способствовать вовлечению в сельскохозяйственное производство залежных почв. Изменение режимов и свойств почв обусловит модификацию технологий возделывания сельскохозяйственных культур.

ЛИТЕРАТУРА

- Брицина М.П., Галахов Н.Н., Ерохина А.А., Любимова Е.Л., Лиханов Б.Н. Схема природного районирования центральной части Красноярского края // Природное районирование центральной части Красноярского края и некоторые вопросы пригородного хозяйства. Москва: АН СССР, 1962. С. 27–46.
- Воскресенский С.С. Геоморфологическое районирование СССР. Высшая школа: Москва, 1980. 343 с.
- Воскресенский С.С., Леонтьев О.К., Спиридонов А.И. Геоморфология Сибири. Москва: МГУ, 1957. 316 с.
- ВНИИГМИ-МЦД (Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – мировой центр данных). Режим доступа: <http://mete.ru>.
- Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Москва: Росгидромет, 2014. 1008 с.
- Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2019 году». Красноярск, 2020. 314 с.
- Грешилов А.А., Стакун В.А., Стакун А.А. Математические методы построения прогнозов. Москва: Радио и связь, 1997. 112 с.
- Крупкин П.П. Черноземы Красноярского края. Красноярск: КрасГУ, 2002. 332 с.
- Сиротенко О.Д., Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Абашина Е.В., Павлова В.Н. Современные климатические изменения теплообеспеченности, увлажненности и продуктивности агроносферы России // Метеорология и гидрология. 2007. № 8. С. 90–103.
- Система земледелия Красноярского края на ландшафтной основе. Красноярск: Издательство Поликор, 2015. 224 с.
- Погода и климат: онлайн справочник информации о погоде и климате. Режим доступа: <http://www.pogodaiklimat.ru>
- Шпедт А.А. Агрочерноземы Приенисейской Сибири: оценка современного состояния и направление эволюции // Почвы – стратегический ресурс России: тезисы докладов VIII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева и Школы молодых ученых по морфологии и классификации почв. Москва–Сыктывкар: Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, 2021. С. 725–726.
- Шпедт А.А., Злотникова В.В. Оценка природно-ресурсного потенциала почв земледельческой части Красноярского края // Эволюция почв и развитие научных представлений в почвоведении: сборник научных трудов Международной научной конференции, посвященной 90-летию со дня рождения Бурлаковой Лидии Макаровны. Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 2022. С. 194–198.
- Шпедт А.А., Липшин А.Г., Лубочников М.Г. Глобальные проблемы и вызовы агроносферы енисейской Сибири // Современные проблемы и перспективы развития агрохимии, земледелия и смежных наук о плодородии почв и продуктивности полевых культур в Сибири. IX Сибирские Прянишниковские агрохимические чтения: сборник материалов международной научно-производственной конференции с международным участием. Красноярск: ФГБНУ ФИЦ «Красноярский научный центр СО РАН», 2023. С. 85–90. DOI: [https://doi.org/10.52686/9785604525050\\_131](https://doi.org/10.52686/9785604525050_131).
- Шпедт А.А., Трубников Ю.Н. Методика оценки природно-ресурсного потенциала агроландшафтов России // Живые и биокосные системы. 2020. № 31. С. 1. DOI: <https://doi.org/10.18522/2308-9709-2020-31-1>.
- Kiryushin V.I. Methodology for integrated assessment of agricultural land // Eurasian Soil Science. 2020. Vol. 53. No. 7. P. 960–967. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1064229320070066>.
- Shpedt A.A., Ligeava N.A., Emelyanov D.V. Multi-year zonal climate change of Middle Siberia // Scientific research of the SCO countries: synergy and integration (Beijing, PRC, 25–26 March 2019). International conference. Scientific publishing house Infinity, 2019. Part 4. P. 178–182.
- Soil Resources Management and Conservation Services, Land and Water Development Division // FAO Soils Bulletin Series, 1976.

*Поступила в редакцию 24.11.2023*

*Принята 11.02.2024*

*Опубликована 16.02.2024*



**Сведения об авторах:**

**Шпедт Александр Артурович** – член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр СО РАН» (г. Красноярск, Россия); [shpedtaleksandr@rambler.ru](mailto:shpedtaleksandr@rambler.ru)

**Злотникова Вероника Валерьевна** – аспирантка Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр СО РАН» (г. Красноярск, Россия); [kogoyakova.v@mail.ru](mailto:kogoyakova.v@mail.ru)

**Емельянов Дмитрий Владимирович** – ведущий инженер лаборатории экологической информатики Института Бифизики – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр СО РАН» (г. Красноярск, Россия); [dima9526@gmail.com](mailto:dima9526@gmail.com)

*Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*



Статья доступна по лицензии [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

## Characterization of the natural resource potential of the agricultural zone of the Krasnoyarsk territory

© 2024 A. A. Shpedt <sup>1,2</sup>, V. V. Zlotnikova <sup>1</sup>, D. V. Emelyanov <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Federal Research Center Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Akademgorodok 50, Krasnoyarsk, Russia. E-mail: [shpedtaleksandr@rambler.ru](mailto:shpedtaleksandr@rambler.ru)

<sup>2</sup>Siberian Federal University, Svobodny prospect 79, Krasnoyarsk, Russia.

**The aim of the study** was to determine the natural resource potential of the agricultural territories in the agricultural regions of the Krasnoyarsk Territory and to investigate the fundamental characteristics of climatic conditions.

**Location and time of the study.** The study utilized multi-year data (from 1978 to 2020) from 22 meteorological stations located in the natural districts of the Krasnoyarsk Territory to analyze climatic conditions.

**Methods.** A georesource database was used to assess the natural resource potential (NRP), including information about soils, agroclimatic parameters, and their impact on agricultural crops. Soils and climatic parameters were ranked on a scale of 5 to 100. The NRP assessment was categorized as follows (points): 1–20 – low; 21–40 – below average; 41–60 – average; 61–80 – above average; 81–100 – high. Climatic conditions were analyzed based on multi-year data from meteorological stations in different natural regions of the Krasnoyarsk Territory, using trend analysis and data smoothing methods to identify dynamics.

**Results.** The **natural resource** potential values vary from 32.5 points for the northern forest-steppe podzolic soils in the Kansk Natural District to 62.5 points for chernozems (black soils) in the northern forest-steppe of the South Minusinsk Natural District. Weighted average NRP values for the agricultural territories of the Krasnoyarsk Krai increase in the following sequence (points): subtaiga (38.0) – Kansk Natural District (45.4) – Krasnoyarsk Natural District (46.3) – Achinsk-Bogotol Natural District (47.4) – Chulymo-Yenisei Natural District (47.8) – Nazarovo Natural District (49.4) – South Minusinsk Natural District (54.3).

**Conclusions.** Climate warming, accompanied by significant increases in summer and winter precipitation, milder winters, and prolonged growing seasons favorable for agricultural crops and varieties, will have a positive impact on the NRP of the region's agrolandscapes, promoting the development of commercial agriculture, especially in the forest-steppe zone. The range of agricultural crops and varieties may expand. Cultivating winter and hard wheat varieties is expected to become more effective. Improved natural conditions will contribute to bringing long abandoned lands into agricultural production. Changes in soil regimes and properties will lead to the transformation of agricultural crop cultivation technologies.

**Keywords:** natural resource potential; climate change; agricultural lands; natural region; hemiboreal forest; forest-steppe; steppe; sum of active temperature, sum of precipitations.

**How to cite:** Shpedt A.A., Zlotnikova V.V., Emelyanov D.V. Characterization of the natural resource potential of the agricultural zone of the Krasnoyarsk territory. *The Journal of Soils and Environment*. 2024. 7(1). e235 (in Russian with English abstract). DOI: [10.31251/pos.v7i1.235](https://doi.org/10.31251/pos.v7i1.235)

REFERENCES

- Bricina M.P., Galahova N.N., Erohina A.A., Lubimova E.L., Lihanov B.N. Scheme of natural zoning of the central part of the Krasnoyarsk Region. Natural zoning of the central part of the Krasnoyarsk Region and some issues of suburban economy. Moscow: Publishing House AS USSR, 1962. P. 27–46. (in Russian).
- Voskresensky S.S. Geomorphological zoning of the USSR. Moscow: Publishing House High School, 1980. 343 p. (in Russian).
- Voskresensky S.S., Leontiev O.K., Spiridonov A.I. Geomorphology of Siberia. Moscow: Publishing House MSU, 1957. 316 p. (in Russian).
- RIHMI-WDC (All-Russian Research Institute of Hydrometeorological Information – World Data Center). Access mode: <http://meteo.ru>. (in Russian).
- The second assessment report of Roshydromet on climate change and its consequences on the territory of the Russian Federation. Moscow: Publishing House Roshydromet, 2014. 1008 p. (in Russian).
- State report “On the state and protection of the environment in the Krasnoyarsk Region in 2019”. Krasnoyarsk, 2020. 314 p. (in Russian).
- Greshilov A.A., Stakun V.A., Stakun A.A. Mathematical methods for making forecasts. Moscow: Publishing House Radio i Svyaz, 1997. 112 p. (in Russian).
- Krupkin P.P. Chernozems of the Krasnoyarsk Region. Krasnoyarsk: Publishing House KrasSU, 2002. 332 p. (in Russian).
- Sirotenko O.D., Abashina E.V., Pavlova V.N., Gruza G.V., Rankova E. Ya. Modern climate-related changes in heat supply, moistening, and productivity of the agrosphere in Russia. Russian meteorology and hydrology. 2007. Vol. 32. No. 8. P. 538–546. DOI: <https://doi.org/10.3103/S1068373907080109>.
- Landscape-based farming system of the Krasnoyarsk Territory. Krasnoyarsk: Publishing House Polycor, 2015. 224 p. (in Russian).
- Weather and Climate: online directory of weather and climate information. Access mode: <http://www.pogodaiklimat.ru>. (in Russian).
- Shpedt A.A. Agrochernozems of the Yenisei Siberia: assessment of the current state and direction of evolution. In book: Soils - a strategic resource of Russia. Abstracts of the VIII Congress of the Society of Soil Scientists named after. V.V. Dokuchaev and the School of Young Scientists on Soil Morphology and Classification. Moscow–Syktyvkar: Institute of Biology of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2021. P. 725–726. (in Russian).
- Shpedt A.A., Zlotnikova V.V. Assessment of the natural resource potential of soils in the agricultural part of the Krasnoyarsk Territory. In book: Evolution of soils and the development of scientific ideas in soil science. Collection of scientific papers of the International scientific conference dedicated to the 90th anniversary of the birth of Lidiya Makarovna Burlakova. Barnaul: Altai State Agrarian University, 2022. P. 194–198. (in Russian).
- Shpedt A.A., Lipshin A.G., Lubochnikov M.G. Global problems and challenges of the agro-sphere of Yenisei Siberia. In book: Modern problems and prospects for the development of agrochemistry, agriculture and related sciences on soil fertility and productivity of field crops in Siberia. IX Siberian Pryanishnikov agrochemical readings: collection of materials of the international scientific and industrial conference with international participation. Krasnoyarsk: Federal State Budgetary Institution Federal Research Center "Krasnoyarsk Scientific Center SB RAS", 2023. P. 85–90. DOI: [https://doi.org/10.52686/9785604525050\\_131](https://doi.org/10.52686/9785604525050_131). (in Russian).
- Shpedt A.A., Trubnikov Yu.N. Methodology for assessing the natural resource potential of agricultural landscapes in Russia. Zhivie i biokostnie sistemy. 2020. Vol. 31. P. 1. DOI: <https://doi.org/10.18522/2308-9709-2020-31-1>. (in Russian).
- Kiryushin V.I. Methodology for integrated assessment of agricultural land. Eurasian Soil Science. 2020. Vol. 53. No. 7. P. 960–967. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1064229320070066>.
- Shpedt A.A., Ligaeva N.A., Emelyanov D.V. Multi-year zonal climate change of Middle Siberia. In book: Scientific research of the SCO countries: synergy and integration (Beijing, PRC, 25–26 March 2019). International conference. Scientific publishing house Infinity, 2019. Part 4. P. 178–182.
- Soil Resources Management and Conservation Services, Land and Water Development Division. FAO Soils Bulletin Series, 1976.

*Received 24 November 2023*

*Accepted 11 February 2024*

*Published 16 February 2024*

**About the authors:**

**Alexander A. Shpedt** – Corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of Federal Research Center Krasnoyarsk Scientific Center, the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Krasnoyarsk, Russia); [shpedtalexandr@rambler.ru](mailto:shpedtalexandr@rambler.ru)

**Veronika V. Zlotnikova** – Postgraduate of Federal Research Center Krasnoyarsk Scientific Center, the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Krasnoyarsk, Russia); [kogoyakova.v@mail.ru](mailto:kogoyakova.v@mail.ru)

**Dmitry V. Emelyanov** – Senior Engineer in the Laboratory of Environmental Informatics in the Institute of Biophysics – Separate Division of Federal Research Center Krasnoyarsk Scientific Center, the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Krasnoyarsk, Russia); [dima9526@gmail.com](mailto:dima9526@gmail.com)

*The authors read and approved the final manuscript*



The article is available under [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)