

Научная статья

УДК 504.06:711.8

DOI: 10.18384/2712-7621-2024-2-119-134

## ЭКОНОМИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ПО КОМПОСТИРОВАНИЮ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ В ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

**Стрельцова Я. А.<sup>1</sup>, Петров Ю. В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Тюменский государственный университет

625003, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 6, Российская Федерация

e-mail: y.streltsova.sas@gmail.com; ORCID: 0009-0009-6267-9753

<sup>2</sup> Тюменский государственный университет

625003, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 6, Российская Федерация

e-mail: petrov19811201@gmail.com; ORCID: 0000-0002-2443-9750

Поступила в редакцию 05.04.2024

После доработки 19.05.2024

Принята к публикации 31.05.2024

### Аннотация

**Цель.** Проанализировать экономико-географические предпосылки для оптимальной организации аэробного компостирования как перспективного способа переработки органических отходов на территории Тюменской области.

**Процедура и методы.** Для расчёта экономической целесообразности выполнено сопоставление затрат на получение объёмов удобрений с учётом текущих потребностей аграрного сектора Тюменской области при разных сценариях: использовании аэробного компостирования и закупках востребованных видов удобрений. Для проведения дифференцированной оценки перспектив внедрения системы компостирования на муниципальном уровне сопоставлены суммы активных температур выше +10°C и максимальное количество благоприятных дней для активной фазы аэробного компостирования. Учитывая, что при среднесуточных температурах воздуха выше +10°C отмечается активизация жизнедеятельности бактерий в процессе компостирования, то это обстоятельство и определило выбор данного показателя в качестве основного для проводимой оценки перспектив внедрения системы компостирования.

**Результаты.** Показано, что для Тюменской области аэробное компостирование является перспективным направлением переработки органических отходов. А в условиях возрастающих потребностей аграриев в доступных удобрениях, соответствующих региональным почвенным условиям и значительным запасам торфа на фоне устойчивого роста средних температур, – также и направлением обеспечения сырьём агропромышленного комплекса. На основе сопоставления значений суммы активных температур и количества дней с температурой выше +10°C выполнено районирование Тюменской области (в границах муниципальных образований) по перспективности развития компостирования на территории. Выявлено, что по соотношению количества благоприятных для аэробного компостирования дней и наибольшему значению суммы активных температур наилучшие

условия для развития компостирования органических отходов сложились на территории Бердюжского и Казанского муниципальных районов, расположенные в юго-восточной части Тюменской области.

**Теоретическая и/или практическая значимость.** Выполнена систематизация значений по сумме активных температур, количеству благоприятных дней для компостирования, динамике климатических показателей с фокусом на муниципальные образования в границах субъекта РФ. Предложенный подход может быть использован при проведении оценок территориальной дифференциации по приемлемости проведения компостирования в других регионах.

**Ключевые слова:** бытовые отходы, органические удобрения, обращение с отходами, аэробное компостирование, изменение климата

Original Research Article

## ECONOMIC AND GEOGRAPHICAL PREREQUISITES FOR THE DEVELOPMENT OF COMPOSTING IN THE TYUMEN REGION

**Ya. Streltsova<sup>1</sup>, Yu. Petrov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Tyumen State University  
ul. Volodarskogo 6, Tyumen 625003, Russian Federation  
e-mail: y.streltsova.sas@gmail.com*

<sup>2</sup> *Tyumen State University  
ul. Volodarskogo 6, Tyumen 625003, Russian Federation  
e-mail: petrov19811201@gmail.com*

*Received*

*Revised*

*Accepted*

### **Abstract**

**Aim.** To analyze the economic and geographical prerequisites for the optimal organization of aerobic composting as a promising method of processing organic waste in the Tyumen region.

**Methods.** To calculate the economic feasibility, a comparison of the costs of obtaining fertilizer volumes was performed, taking into account the current needs of the agricultural sector of the Tyumen region under different scenarios: a) the use of aerobic composting and b) the purchase of demanded types of fertilizers. To carry out a differentiated assessment of the prospects for the introduction of a composting system at the municipal level, the sums of active temperatures above 10°C and the maximum number of favorable days for the active phase of aerobic composting were compared. Considering that at average daily air temperatures above 10°C, the activation of bacterial activity in the composting process is noted, this circumstance determined the choice of this indicator as the main one for the ongoing assessment of the prospects for the introduction of a composting system.

**Results.** It is shown that aerobic composting is a promising area of organic waste processing for the Tyumen region. And in the context of the increasing needs of farmers for affordable fertilizers corresponding to regional soil conditions and unique peat reserves against the background of a steady increase in average temperatures, this is also the direction of providing raw materials to the

agro-industrial complex. Based on a comparison of the values of the sum of active temperatures and the number of days with temperatures above 10 °C, the Tyumen Region was zoned (within the boundaries of municipalities) according to the prospects for the development of composting in the territory. It was revealed that according to the ratio of the number of days favorable for aerobic composting and the highest value of the sum of active temperatures, the best conditions for the development of composting of organic waste have developed on the territory of the Berdzhansk and Kazan municipal districts located in the southeastern part of the Tyumen region.

**Research implications.** The systematization of values for the sum of active temperatures, the number of favorable days for composting, and the dynamics of climatic indicators with a focus on municipalities within the borders of the subject of the Russian Federation was performed. The proposed approach can be used to assess territorial differentiation according to the acceptability of composting in other regions.

**Keywords:** household waste, organic fertilizers, waste management, aerobic composting, climate change

## Введение

Согласно Указу Президента РФ № 309 «О национальных целях развития РФ на период до 2030 г. и на перспективу до 2036 г.» к 2030 г. запланировано «вовлечение в хозяйственный оборот не менее чем 25% отходов производства и потребления в качестве вторичных ресурсов и сырья». Вместе с тем, по данным Российского экологического оператора<sup>1</sup>, ежегодно 40% продовольственных товаров становится отходами. Пищевые отходы – это источник питательных веществ, витаминов, полисахаридов [10; 16]. Это обстоятельство позволяет их рассматривать в качестве потенциального удобрения. Но в настоящее время основная масса этого сырья не используется.

Один из способов обращения с пищевыми отходами – компостирование – способ ликвидации отходов в основном бытовых и сельскохозяйственных, заключающийся в разложении органических веществ аэробными микро-

организмами, а получающийся в результате компост представляет собой органическое удобрение [11; 14].

Цель данного исследования – выявить экономико-географические предпосылки для организации на территории Тюменской области аэробного компостирования как перспективного способа переработки органических отходов. В данном исследовании Тюменская область рассматривается как территория без автономных округов.

Выделены 4 основных вида компостирования, которые могут быть реализованы в текущих условиях:

1. *вермикомпостирование* – переработка органических отходов дождевыми червями при температуре +13–+25°C; происходит в перфорированном снизу контейнере, для удаления компостного чая [6; 18];

2. *аэробное компостирование* – переработка отходов на открытом воздухе: отходы укладываются в бурты и с некоторой периодичностью переворачиваются для обеспечения аэрации и перемешивания [15; 18];

3. *анаэробное компостирование* – переработка отходов при отсутствии кислорода с помощью специализиро-

<sup>1</sup> РЭО предложил создать оператора системы распределения продуктов с истекающим сроком годности // РЭО: [сайт]. URL: <https://reо.ru/tpost/7nmaxz8lf1-reo-predlozhil-sozdat-operatora-sistemi> (дата обращения: 19.05.2024).

ванной техники: возможность улавливания образующегося метана для последующего производства энергии, но с риском сохранения кишечной палочки;

4. *комбинированное компостирование* – отходы сначала подвергают анаэробному, а потом аэробному компостированию [18].

В зависимости от выбранного направления происходит дифференциация сроков, масштабов и необходимого оборудования для исполнителя (табл. 1). Определяющими факторами также являются региональные физико-географические особенности (агро-климатические условия и тенденции климатических изменений) и сформи-

Таблица 1 / Table 1

**Виды компостирования и необходимое оборудование для их реализации /  
Types of composting and the necessary equipment for their implementation**

Тип компостирования	Регламентные сроки*	Необходимое оборудование
Аэробное компостирование: полевое, с предварительным дроблением	1–6 мес.	Дробилка
Аэробное компостирование: полевое, без предварительного дробления	1–6 мес.	Грохот
Аэробное компостирование: тоннельное	1 мес.	Бетонные тоннели, автоматизированная система управления (АСУ) показателями, форсунки с подачей воды
Аэробное компостирование: в «климатической камере» в ваннах/ под полупроницаемой мембраной	6–8 нед.	Бетонированная площадка с бункерами, оборудование для контроля показателей, мембрана
Аэробное компостирование: в закрытом корпусе в буртах	2 нед.	Ангары с системой аэрации и вентиляцией, калориферы, датчики и шуп для замера, АСУ
Аэробное компостирование: в биобарабанах	3 мес.	Биотермические барабаны, золотниковое устройство для подачи воздуха, двойная воронка для сортировки
Аэробное компостирование: домашнее компостирование пищевых отходов и растительных отходов в частных домовладениях	до 2 лет	Площадка для компостирования
Анаэробное компостирование: сбраживание	2 мес.	Метантенк, пресс
Вермикомпостирование	до 2 мес.	Не требуется

Источник: составлено авторами на основе ГОСТ Р 70718-2023. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Методические рекомендации по утилизации органических фракций твёрдых коммунальных отходов с применением методов компостирования

ровавшаяся инфраструктурная схема обращения с отходами производства и потребления, а также планы по социально-экономическому развитию территории. Исходя из целесообразности поиска сочетания, обеспечивающего наилучший результат при минимальных затратах выделено аэробное компостирование в качестве перспективного, поскольку его реализация возможна без привлечения специализированной техники.

Для оценки экономико-географических предпосылок использован сравнительный метод для различных источников соотносимой информации. Источником пространственной информации выступил Атлас Тюменской области, 1971 г. После перевода в векторный формат карты с продолжительностью периода со средней суточной температурой воздуха выше  $+10^{\circ}\text{C}$  и количеством дней с температурой выше  $+10^{\circ}\text{C}$  сопоставлены с контурами муниципальных образований. В случае, если изолиния проходила по муниципальному образованию, то муниципалитет переводился в зону, которой соответствовала наибольшая доля от территории муниципалитета. Пороговым значением выступила температура в  $+10^{\circ}\text{C}$ , при которой происходит рост мезофильных организмов, обеспечивающих благоприятные условия для компостирования<sup>1</sup>.

Для расчёта экономической целесообразности выполнено сопоставление затрат на получение объёмов удобрений с учётом текущих потребностей аграрного сектора Тюменской области при разных сценариях: а) использовании аэробного компостирования

и б) закупках востребованных видов удобрений. Источником данных по востребованным объёмам удобрений для текущих потребностей агропредприятий послужила отчётная информация Правительства региона<sup>2</sup>.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить анализ актуальной ситуации в Тюменской области в сфере обращения с органическими отходами, оценить текущую экономическую привлекательность применения аэробного компостирования, включая выбор наиболее привлекательных муниципальных образований для этого. При этом необходимо учитывать, что в регионе сложилась практика обращения с отходами, в которую должно быть встроено и аэробное компостирование.

### **Текущая ситуация в сфере обращения с органическими отходами на территории Тюменской области**

В регионе сложились предпосылки для внедрения технологии компостирования в практике обращения с органическими отходами. Этому способствуют следующие условия:

1) устойчивый рост численности населения и сопутствующий рост объёмов бытовых отходов, в т. ч. и пищевых – с возросшей необходимостью в реализации «зелёного» развития, которое уже программируется в соседнем автономном округе Тюменской области [17];

2) оформление инфраструктуры по переработке твёрдых коммунальных отходов (рис. 1) [2];

<sup>1</sup> Саввичев А. С. Мезофильные микроорганизмы. Большая российская энциклопедия, 2011.

<sup>2</sup> Официальный портал органов государственной власти Тюменской области: [сайт]. URL: <https://admtyumen.ru/> (дата обращения: 19.05.2024).



**Рис. 1 / Fig. 1.** Инфраструктура сортировки твёрдых коммунальных отходов Тюменского регионального оператора / Infrastructure for sorting solid municipal waste of the Tyumen regional operator

Источник: на основе материалов сайта Тюменского экологического объединения: [сайт]. URL: <https://teo.ecotko.ru/> (дата обращения: 19.05.2024)

- 3) наличие агропредприятий-потребителей компоста;
- 4) практика вахтового метода обустройства месторождений на труднодоступной территории;
- 5) наличие значительных ресурсов торфа;
- 6) повышение суммы активных температур вследствие изменения климата;
- 7) наличие финансовых возможностей у субъекта РФ, являющегося регионом-донором.

Собранные региональным оператором твёрдые коммунальные отходы проходят предварительную обработку на мусоросортировочных заводах (рис. 2), которые располагаются в непосредственной близости от полигонов. Неотсортированные отхо-

ды запрессовываются и вывозятся на существующие областные полигоны г. Тюмени, г. Ишима, г. Тобольска.

Согласно территориальной схеме обращения с отходами, в 2025 г. на территории Тюменской области в г. Тюмени как самом крупном источнике образования твёрдых коммунальных отходов запланировано размещение 2 объектов для компостирования: объект утилизации (обезвреживания) отсева грохочения ТКО при их сортировке, объект утилизации (обезвреживания) органических отходов. На заводе по утилизации отсева грохочения ТКО запланировано полевое без предварительного дробления (туннельное) компостирование, предполагающее отбор на участке сортировки (грохочения) фракции менее 3 см в качестве



**Рис. 2 / Fig. 2.** Этапы сортировки на мусоросортирующих заводах / Sorting stages at a waste sorting plant

Источник: составлено авторами

инертного материала для изоляции рабочих карт полигона. Завод с контейнерным компостированием ориентирован на использование отходов пищевых предприятий с использованием мобильных контейнеров<sup>1</sup>.

### Экономические предпосылки развития компостирования в Тюменской области

Для оценки экономической целесообразности внедрения компостирования выполнено сопоставление затрат

на обеспечение агропредприятий удобрениями, источником которых может быть компост. Для выполнения расчётов учитывались сведения по поставке удобрений, полученные от региональных (tüменских) маркетплейсов в июне 2024 г.

По данным Правительства Тюменской области в 2020 г., посевные площади составили 1 029,6 тыс. га, при этом на почвы с очень низким и низким содержанием гумуса пришлось 245,8 тыс. га (23,9%)<sup>2</sup>. Одна из причин –

<sup>1</sup> Территориальная схема обращения с отходами в Тюменской области: [сайт]. URL: [https://admyumen.ru/ogv\\_ru/about/ecology/production\\_wastes/territorial\\_scheme.htm](https://admyumen.ru/ogv_ru/about/ecology/production_wastes/territorial_scheme.htm) (дата обращения: 19.05.2024)

<sup>2</sup> Официальный портал органов государственной власти Тюменской области: [сайт]. URL: [https://admyumen.ru/ogv\\_ru/finance/apk/apk\\_news.htm](https://admyumen.ru/ogv_ru/finance/apk/apk_news.htm) (дата обращения: 19.05.2024)

снижение количества внесённых органических удобрений, которое с 6,4 т/га в 1981–1985 гг. снизилось до 0,9 т/га в 2011–2015 гг. [8]. Региональная потребность составляет 9,8 т/га в год: 5,2 т/га – для компенсации потерь гумуса, 4,6 т/га – для увеличения его содержания [5].

Наиболее популярные удобрения у агропроизводителей – нитратные, аммонийно-нитратные, аммонийные и аммиачные, амидные, водные растворы и аммиачная селитра [4]. Подобные удобрения частично могли бы быть заменены более экологичным компо-

стом [1]. Более активное использование компоста в качестве удобрения могло бы снизить загруженность полигонов, используемых для захоронения отходов.

В работе К. Г. Кузнецова, Н. Р. Молодкина, О. И. Сергиенко [7] про-считана стоимость для компости-рования в буртах с применением специального ворошителя-переворачивателя на 2020 г. при компостирова-нии 14,1 тыс. т отходов в год (табл. 2). При увеличении объёмов ожидается появление эффекта масштаба со сни-жением затрат.

Таблица 2 / Table 2

**Экономические показатели компостирования в буртах (способ хранения корнеплодов, картофеля и овощей в поле в удлиненном вале, накрытом брезентом, ботвой или соломой) / Economic indicators of composting in beads (method of storing root vegetables, potatoes and vegetables in a field in an elongated shaft covered with tarpaulin, haulm or straw)**

Экономический показатель	Стоимость
Общие инвестиции, тыс. руб.	46 936,0
Эксплуатационные затраты, тыс. руб./год	24 428,5
Дисконтированные затраты на 1 т готового компоста, тыс. руб.	1,5
Стоимость 1 т готового компоста, тыс. руб./т	6

Источник: [7]

Ниже (табл. 3) представлены цены на азотные удобрения, поставленные в г. Тюмень. Учтены минимальные расценки и скидки поставщиков при значи-тельных объёмах.

Таблица 3 / Table 3

**Рыночная цена азотных удобрений в Тюменской области (2024 г.) / Market price of nitrogen fertilizers in the Tyumen region (2024)**

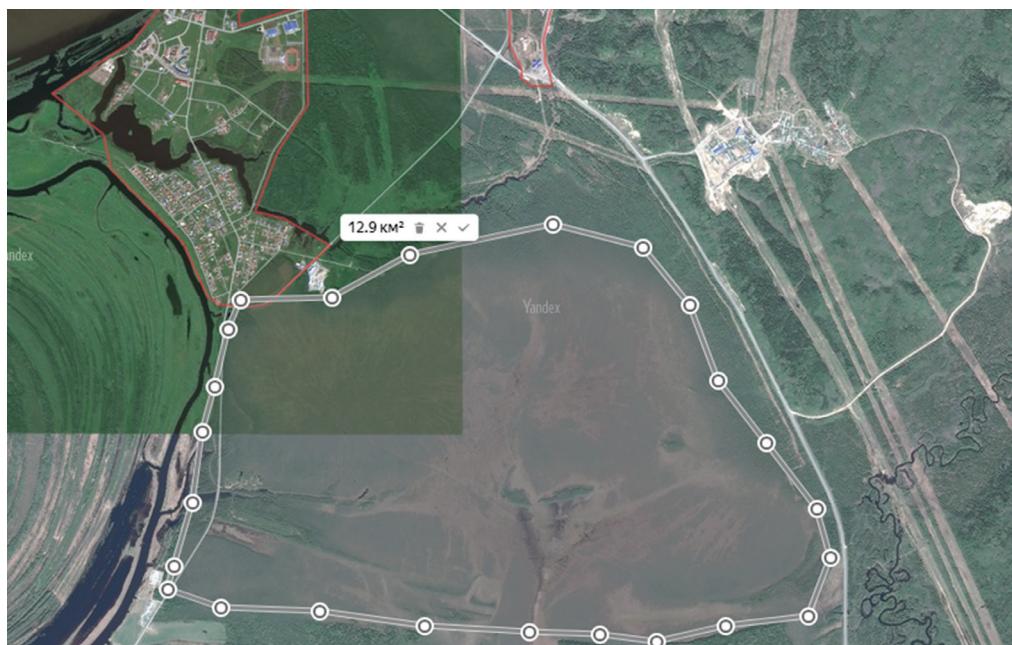
Вид удобрений	Стоимость, тыс. руб./т
Сернокислый аммоний	20
Аммиачная селитра	30
Мочевина (карбамид)	25

Источник: подсчитано авторами на основе выбора наименьшего значения цены с поставкой в г. Тюмень на маркетплейсах Авито и Ozon

Даже с учётом накопленной инфляции и необходимостью затрат на внедрение технологии очевидна экономическая целесообразность компостирования для создания органических удобрений. Также важны и сопутствующие эффекты. Так, в качестве сырья для компоста могут использоваться отходы сельского хозяйства: помёт [12], навоз [3], солома [13]. Все перечисленные источники сырья одновременно выступают существенной проблемой для Тюменской области: согласно Территориальной схеме обращения с отходами, на 2020 г. навоз крупного рогатого скота свежий и перепревший составил 380 679 т; навоз конский свежий и перепревший –

около 5,7 тыс. т; помёт куриный свежий и перепревший – 151 тыс. т. Также на 2021 г. в территориальном балансе запасов учтено 2 млрд т торфа (в основном низовых болот), распространённого в непосредственной близости от крупнейших потребителей (рис. 3). Торф для повышения эффективности может быть закомпостирован с навозом или помётом (для компоста подходит торф любого из видов: переходный, верховой, низинный со степенью разложения не менее 15%) [9].

Таким образом, в Тюменской области сложилось сочетание факторов, обуславливающих целесообразность внедрения системы компостирования.



**Рис 3. / Fig. 3.** Фрагмент космоснимка Уватского месторождения торфа, непосредственно примыкающего к селитебной и транспортной инфраструктуре (с. Уват, около 110 км к северо-востоку от г. Тобольска) / A fragment of a satellite image of the Uvat peat deposit, directly adjacent to the residential and transport infrastructure (Uvat village, about 110 km northeast of Tobolsk)

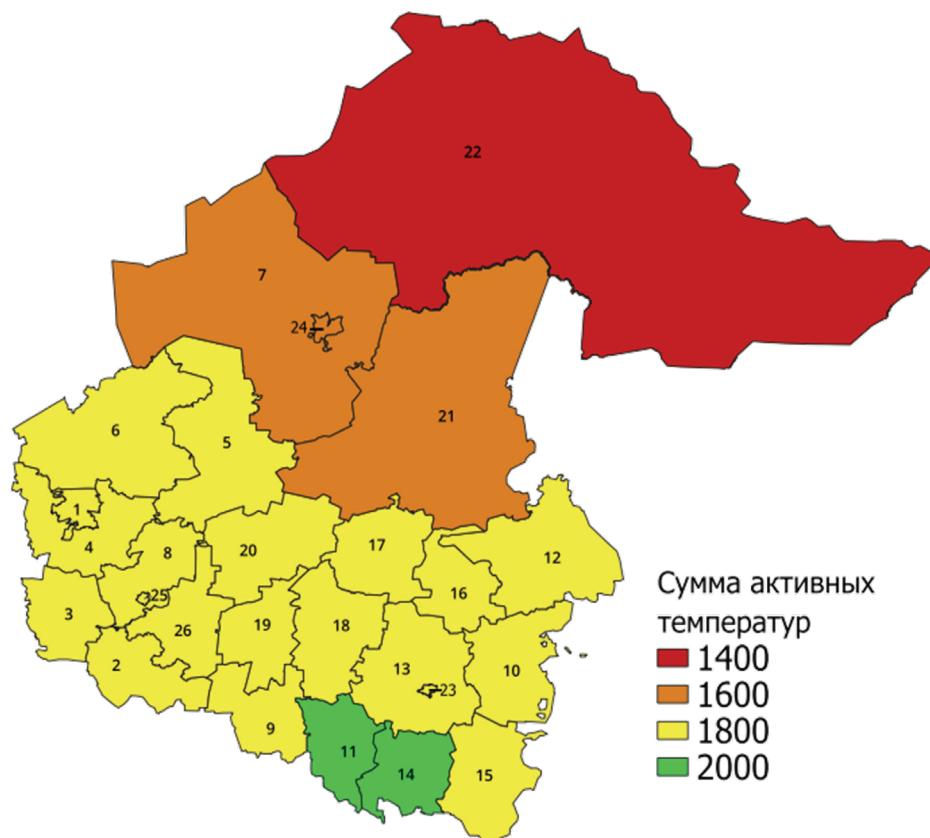
Источник: Яндекс карты: [сайт]. URL: <https://yandex.ru/maps/> (дата обращения: 04.05.2024)

## Природно-ресурсные предпосылки для развития компостирования на территории Тюменской области

Совокупность обозначенных предпосылок географически распределена неравномерно, что требует для государственного планирования распределения приоритетов в разрезе муни-

ципальных районов и городов. Для дифференциации муниципальных образований Тюменской области по агроклиматическим условиям подготовлена карта с градуировкой по сумме активных температур (рис. 4).

Аналогичная группировка выполнена и по количеству дней с температурой выше  $+10^{\circ}\text{C}$  (рис. 5). Полученный



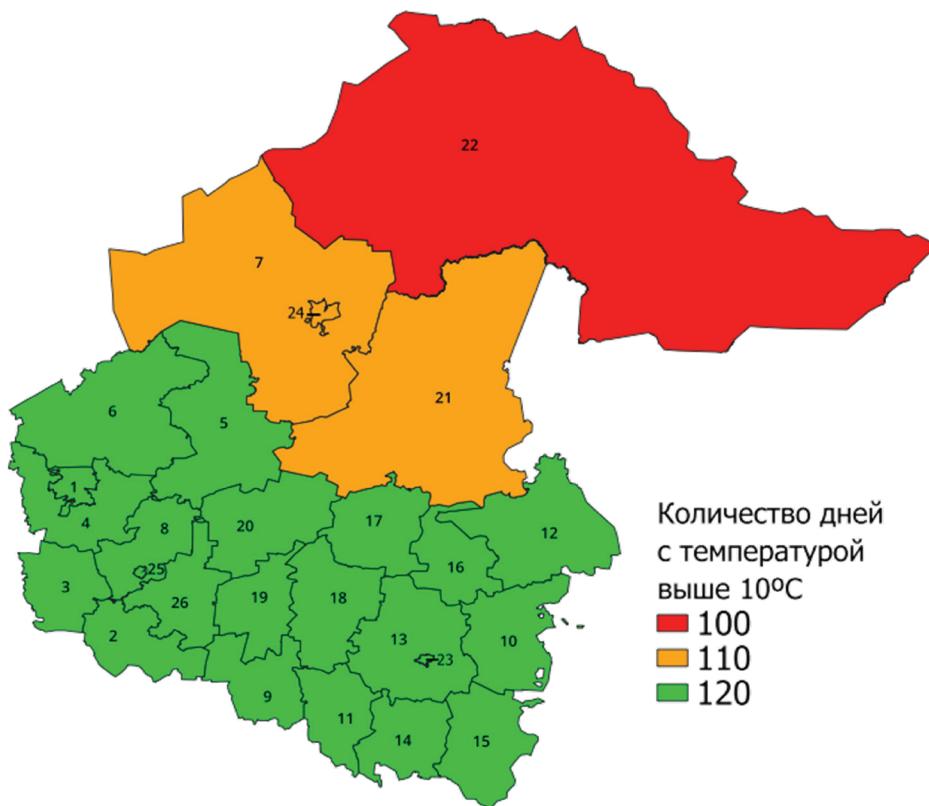
### Условные обозначения:

*Городские округа:* 1. г. Тюмень; 18. Голышмановский; 23. г. Ишим; 24. г. Тобольск, 25. г. Ялуторовск; 26. Заводоуковский

*Муниципальные районы:* 2. Упоровский; 3. Исетский; 4. Тюменский; 5. Ярковский; 6. Нижнетавдинский; 7. Тобольский; 8. Ялуторовский; 9. Армизонский; 10. Абатский; 11. Бердюжский; 12. Викуловский; 13. Ишимский; 14. Казанский; 15. Сладковский; 16. Сорокинский; 17. Аромашевский; 19. Омутинский; 20. Юргинский; 21. Вагайский; 22. Уватский

**Рис. 4 / Fig. 4.** Дифференциация муниципальных образований (районов) Тюменской области по сумме активных температур / Differentiation of municipalities (districts) of the Tyumen region by the sum of active temperatures

Источник: составлено авторами



**Условные обозначения:**

*Городские округа: 1. г. Тюмень; 18. Голышмановский; 23. г. Ишим; 24. г. Тобольск, 25. г. Ялуторовск; 26. Заводоуковский*  
*Муниципальные районы: 2. Упоровский; 3. Исетский; 4. Тюменский; 5. Ярковский; 6. Нижнетавдинский; 7. Тобольский; 8. Ялуторовский; 9. Армизонский; 10. Абатский; 11. Бердюжский; 12. Викуловский; 13. Ишимский; 14. Казанский; 15. Сладковский; 16. Сорокинский; 17. Аромашевский; 19. Омутинский; 20. Юргинский; 21. Вагайский; 22. Уватский*

**Рис. 5 / Fig. 5.** Дифференциация муниципальных образований (районов) Тюменской области по количеству дней с температурой больше +10°C / Differentiation of municipalities (districts) of the Tyumen region by the number of days with a temperature greater than 10°C

Источник: составлено авторами

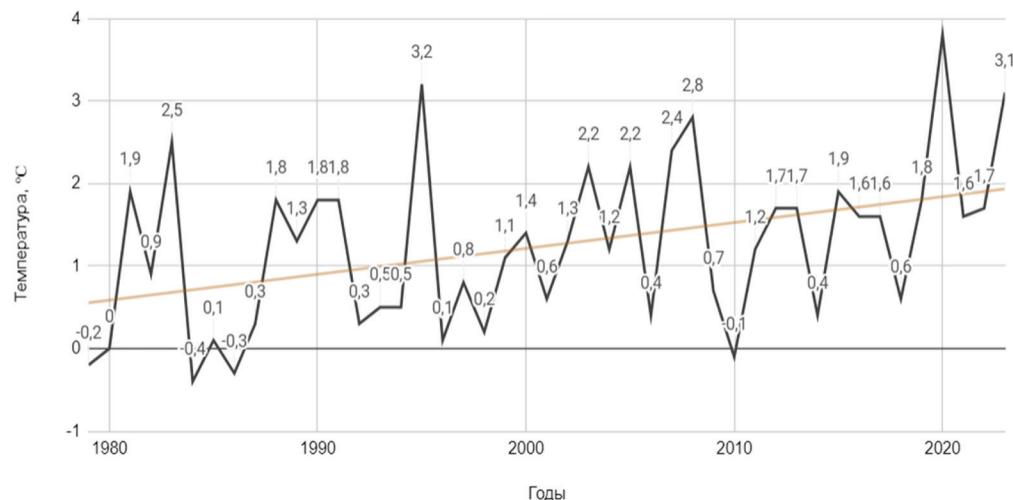
результат отразил дифференциацию муниципалитетов по 3 зонам: исходя из сочетания с границами природных подзон можно их обозначить в направлении с юга на север как лесостепную, подтаёжную, южнотаёжную. Лесостепная зона охватывает 22 муниципальных образования из 26, со средним значением 120 и более дней в году

с температурой выше +10°C, соответственно, является приоритетной для аэробного компостирования.

Таким образом, наибольшими перспективами для развития компостирования по соотношению распределения суммы активных температур и числа дней в году с температурой выше +10°C обладают Казанский и Бердюж-

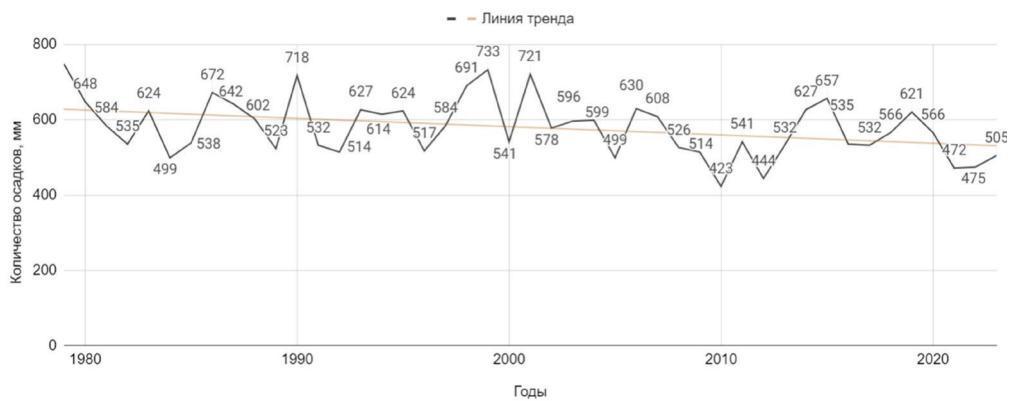
ский муниципальные районы, наименее перспективным – самый северный Уватский муниципальный район с меньшими средними значениями рассматриваемых показателей (рис. 4–5). Вместе с тем нельзя не учитывать фик-

сируемые изменения климата в форме увеличения среднегодовой температуры воздуха (рис. 6) и снижения годового количества осадков (рис. 7). Так, на примере данных, собранных в тобольском аэропорту за последние



**Рис. 6 / Fig.6.** Динамика среднегодовой температуры воздуха в аэропорту Тобольска / Dynamics of the average annual air temperature at Tobolsk airport

Источник: Meteoblue: [сайт]. URL: <https://www.meteoblue.com/> (дата обращения: 04.05.2024)



**Рис. 7 / Fig. 7.** Динамика годового количества осадков в аэропорту Тобольска / Dynamics of annual precipitation at Tobolsk airport

Источник: Meteoblue: [сайт]. URL: <https://www.meteoblue.com/> (дата обращении: 04.05.2024)

45 лет, среднегодовая температура воздуха повысилась на 1,4°C, годовое количество осадков уменьшилось на 97 мм. Схожие тенденции зафиксированы и на территории других районов области.

Тренды, отмеченные на рисунках 6–7, отражают однонаправленность тенденций, что позволяет говорить о дальнейшем улучшении агроклиматических условий на больших по размеру территориях.

Выделенный приоритетный для компостирования Бердюжский район располагает значительными площадями сельскохозяйственных угодий – 14% от всех сельскохозяйственных угодий (пашни, пастбища, луга) области. Казанский район по площади посевов зерновых культур и по поголовью КРС занимает 6-е место в области<sup>1</sup>. В непосредственной близости от этих 2 муниципальных районов находится Ишимский полигон ТБО, что позволяет использовать существующую транспортную логистику для компостирования.

### Заключение

В результате исследования сделаны следующие выводы:

1) для Тюменской области приоритетной технологией переработки органических отходов является аэробное компостирование (благодаря оптимальному сочетанию суммы активных температур с большим количеством дней со среднесуточной температурой выше +10°C для большей части муниципальных образований);

2) существующая потребность в органических удобрениях может в значительной степени покрываться за счёт компоста, сформированного на базе переработки органических отходов (с учётом того, что ресурсная база торфа гигантская, а на почвы с низким и очень низким содержанием гумуса приходится до ¼ от всего фонда почв, то диапазон обеспечения компостом может составлять 25–30% потребностей регионального АПК в удобрениях), при этом имеется экономическая целесообразность создания сбалансированной системы компостирования в регионе для потребностей аграрного сектора;

3) потенциал муниципальных образований Тюменской области в части внедрения системы компостирования дифференцирован: от наиболее перспективных по агроклиматическим условиям на юге к наименее – на севере региона, при этом Бердюжский и Казанский районы, образующие группу самых перспективных территорий, обладают необходимой инфраструктурой сортировки и накопления органических отходов и потенциальными потребителями продукции;

5) фиксируемые устойчивые тренды климатических изменений повышают привлекательность всё более северных территорий Тюменской области для их включения в государственную систему компостирования органических отходов. Фиксируемые многолетние тренды роста среднегодовой температуры воздуха и снижения годового количества осадков позволяют при сохранении данных тенденций прогнозировать через 40 лет переход всех муниципальных образований Тюменской области, кроме самого северного

<sup>1</sup> База данных муниципальной статистики [Электронный ресурс]. URL: [https://72.rosstat.gov.ru/main\\_indicators](https://72.rosstat.gov.ru/main_indicators) (дата обращения: 04.06.2024).

Уватского района, в разряд благоприятных для развития компостирования территорий (с условиями, аналогич- ным тем, которые сегодня характеризуют климат южных муниципальных районов).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Белюченко И. С. Сложный компост и круговорот азота и углерода в агроландшафтных системах // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 97. С. 160–180.
2. Брехунцов А. М., Петров Ю. В., Соколовская Д. С. Оценка направлений создания государственной информационной системы в области обращения с отходами производства и потребления в Тюменской области // Биосфера совместимость: человек, регион, технологии. 2020. № 2. С. 93–111.
3. Дружинина К. В., Пиотровский Д. Л., Янаева М. В. Производство компоста на основе разных видов навоза // Современные проблемы и пути их решения в науке, производстве и образовании. 2016. № 1. С. 136–138.
4. Ерёмина Д. В. Агроэкономическая оценка применяемых в Тюменской области минеральных удобрений // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 4. С. 26–30.
5. Каретин Л. Н. Почвы Тюменской области. Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1990. 286 с.
6. Катанаева М. Д., Катанаева Ю. А. Биологическая переработка отходов пищевой промышленности // Инновационные направления интеграции науки, образования и производства / редкол. Е. П. Масюткин. Керчь, 2023. С. 328–333.
7. Кузнецова К. Г., Молодкина Н. Р., Сергиенко О. И. Эколого-экономическое обоснование промышленного компостирования органических отходов // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2020. № 9. С. 30–35.
8. Моторин А. С. Торф – важный ресурс для развития сельского хозяйства Тюменской области // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 8. С. 17–20.
9. Перспективы использования органических удобрений на основе торфа в интенсивном земледелии / И. А. Тяботов, Л. Н. Олейникова, А. В. Горбунов, А. А. Олейников // Теория и практика мировой науки. 2020. № 12. С. 26–30.
10. Семипятный В. К., Стрижко М. Н., Рыскин Д. С. Анализ трендовых схем переработки пищевых отходов // Пищевая промышленность. 2023. № 2. С. 61–65.
11. Смольникова В. В. Особенности компоста, полученного с использованием молочной сыворотки // Юг России: экология, развитие. 2010. Т. 5. № 3. С. 111–116.
12. Турчин В. В., Сисин А. В., Баленко Е. Г. Действие компоста из куриного помета на урожайность и качество семян подсолнечника // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2017. № 4. С. 14–19.
13. Фисунова Л. В., Вишневская А. В. Анализ возможностей утилизации и переработки сельскохозяйственных отходов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 5. С. 232–236.
14. Храмцов А. Б., Минваева М. С. Проблема утилизации мусора в российских регионах (на примере Тюменской области) // Отходы, причины их образования и перспективы использования / под ред. И. С. Белюченко. Краснодар, 2019. С. 75–78.
15. Composting Processes for Agricultural Waste Management: A Comprehensive Review / M. Waqas, S. Hashim, U. W. Humphries, Sh. Ahmad, R. Noor, M. Shoailb, A. Naseem, et al. // Processes. 2023. Vol. 11. № 73. P. 731.

16. Environmental Impact Assessment of Food Waste Management Using Two Composting Techniques / A. Al-Rumaihi, G. McKay, H. R. Mackey, T. Al-Ansari // *Sustainability*. 2020. Vol. 12. № 4. P. 1595.
17. Evseev A. V., Krasovskaya T. M., Medvedkov A. A. "Green" development of the Ugra territory: options and obstacles // *Geography, Environment, Sustainability*. 2017. Vol. 10. № 2. P. 94–102.
18. Municipal solid waste compost: Global trends and biogeochemical cycling / X. Cao, P. N. Williams, Yu. Zhan, S. A. Coughlin, J. W. McGrath, J. P. Chin, Y. Xu // *Soil & Environmental Health*. 2023. Vol. 1. № 4. P. 100038.

#### REFERENCES

1. Belyuchenko I. S. [Complex compost and nitrogen and carbon cycling in agro-landscape systems]. In: *Politicheskiy setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Polythematic online electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University], 2014, no. 97, pp. 160–180.
2. Brekhuntsov A. M., Petrov Yu. V., Sokolovskaya D. S. [Assessment of the directions for creating a state information system in the field of production and consumption waste management in the Tyumen region]. In: *Biosfernaya sovmestimost: chelovek, region, tekhnologii* [Biosphere compatibility: man, region, technology], 2020, no. 2, pp. 93–111.
3. Druzhinina K. V., Piotrovsky D. L., Yanaeva M. V. [Compost production based on different types of manure]. In: *Sovremennyye problemy i puti ikh resheniya v nauke, proizvodstve i obrazovanii* [Modern problems and ways of their solution in science, production and education], 2016, no. 1, pp. 136–138.
4. Eremina D. V. [Agroeconomic assessment of mineral fertilizers used in the Tyumen region]. In: *Izvestiya Orenburgskogo sluzhashchego agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Orenburg State Agrarian University], 2018, no. 4, pp. 26–30.
5. Karetin L. N. *Pochvy Tyumenskoy oblasti* [Soils of the Tyumen region]. Novosibirsk, Nauka. Sibirske otdeleniye Publ., 1990. 286 p.
6. Katanaeva M. D., Katanaeva Yu. A. [Biological processing of food industry waste]. In: Masyutkin E. P., ed. *Innovatsionnye napravleniya rukovoditeley nauki, obrazovaniya i proizvodstva* [Innovative directions of integration of science, education and production]. Kerch, 2023, pp. 328–333.
7. Kuznetsova K. G., Molodkina N. R., Sergienko O. I. [Ecological and economic justification for industrial composting of organic waste]. In: *Sovremennaya nauka: aktualnyye problemy teorii i praktiki. Seriya: Yestestvennyye i tekhnicheskiye nauki* [Modern science: current problems of theory and practice. Series: Natural and technical sciences], 2020, no. 9, pp. 30–35.
8. Motorin A. S. [Peat is an important resource for the development of agriculture in the Tyumen region]. In: *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology in the agro-industrial complex], 2018, vol. 32, no. 8, pp. 17–20.
9. Tyabotov I. A., Oleynikova L. N., Gorbunov A. V., Oleynikov A. A. [Prospects for the use of peat-based organic fertilizers in intensive farming]. In: *Teoriya i praktika mirovoy nauki* [Theory and practice of world science], 2020, no. 12, pp. 26–30.
10. Semipyatny V. K., Strizhko M. N., Ryskin D. S. [Analysis of trend schemes for food waste processing]. In: *Pishchevaya promyshlennost* [Food industry], 2023, no. 2, pp. 61–65.
11. Smolnikova V. V. [Features of compost obtained using milk whey]. In: *Yug Rossii: ekologiya, razvitiye* [South of Russia: ecology, development], 2010, vol. 5, no. 3, pp. 111–116.
12. Turchin V. V., Sisin A. V., Balenko E. G. [Effect of chicken manure compost on the yield and quality of sunflower seeds]. In: *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Michurinsk State Agrarian University], 2017, no. 4, pp. 14–19.

13. Fisunova L. V., Vishnevskaya A. V. [Analysis of the possibilities of utilization and processing of agricultural waste]. In: *Izvestiya Orenburgskogo sluzhashchego agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Orenburg State Agrarian University], 2022, no. 5, pp. 232–236.
14. Khramtsov A. B., Minvaeva M. S. [The problem of waste disposal in Russian regions (on the example of the Tyumen region)]. In: Belyuchenko I. S., ed. *Otkhody, otsenka ikh obrazovaniya i perspektivy ispolzovaniya* [Waste, reasons for its formation and prospects for use]. Krasnodar, 2019, pp. 75–78.
15. Waqas M., Hashim S., Humphries U. W., Ahmad Sh., Noor R., Shoaib M., Naseem A., et al. Composting Processes for Agricultural Waste Management: A Comprehensive Review. In: *Processes*, 2023, vol. 11, no. 73, pp. 731.
16. Al-Rumaihi A., McKay G., Mackey H. R., Al-Ansari T. Environmental Impact Assessment of Food Waste Management Using Two Composting Techniques. In: *Sustainability*, 2020, vol. 12, no. 4, pp. 1595.
17. Evseev A. V., Krasovskaya T. M., Medvedkov A. A. “Green” development of the Ugra territory: options and obstacles. In: *Geography, Environment, Sustainability*, 2017, vol. 10, no. 2, pp. 94–102.
18. Cao X., Williams P. N., Zhan Yu., Coughlin S. A., McGrath J. W., Chin Ja. P., Xu Y. Municipal solid waste compost: Global trends and biogeochemical cycling. In: *Soil & Environmental Health*, 2023, vol. 1, no. 4, pp. 100038.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Стрельцова Ярослава Антоновна – руководитель студенческого экологического объединения 5R, ассистент кафедры геоэкологии и природопользования Школы естественных наук Тюменского государственного университета;

e-mail: y.streltsova.sas@gmail.com

Петров Юрий Владимирович – кандидат географических наук, доцент кафедры геоэкологии и природопользования Школы естественных наук Тюменского государственного университета;

e-mail: petrov19811201@gmail.com

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Yaroslava A. Streltsova – Head of the Student Environmental Association 5R, Department of Geoecology and Nature Management, School of Natural Sciences, Tyumen State University; e-mail: y.streltsova.sas@gmail.com

Yuri V. Petrov – PhD (Geography), Assoc. Prof., Department of Geoecology and Nature Management, School of Natural Sciences, Tyumen State University; e-mail: petrov19811201@gmail.com

#### ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Стрельцова Я. А., Петров Ю. В. Экономико-географические предпосылки для организации производства по компостированию органических отходов в Тюменской области // Географическая среда и живые системы. 2024. № 2. С. 119–134.

DOI: 10.18384/2712-7621-2024-2-119-134

#### FOR CITATION

Streltsova Ya. A, Petrov Yu. V. Economic and geographical prerequisites for the development of composting in the Tyumen region. In: *Geographical Environment and Living Systems*, 2024, no. 2, pp. 119–134.

DOI: 10.18384/2712-7621-2024-2-119-134