

МОЖЕТ ЛИ ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА ПРИВЕСТИ К РАСШИРЕНИЮ ПОСЕВОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИИ?

Игорь Юрьевич Савин^{1,3}, Сергей Андреевич Аветян^{1,2}, Надежда Валерьевна Савицкая¹, Ольга Дмитриевна Кучер³

¹ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», г. Москва, Россия

²МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

³Институт экологии РУДН, г. Москва, Россия

odkucher@yandex.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Факт направленного изменения климата за последние десятилетия уже не вызывает споров ученых. Тренд изменения на территории России в сторону потепления является основой для вывода о том, что условия для возделывания сельскохозяйственных культур становятся более благоприятными и в России ожидается расширение площадей посевов и рост урожаев. Но, при таких прогнозах не учитывается пригодность земель для возделывания культур по почвам и рельефу. Целью исследований было восполнить этот пробел.

Методология. Был проведен анализ пригодности земель российской Арктики (территория страны севернее 60 градусов северной широты) для возделывания таких культур как озимая пшеница, яровой ячмень, озимая рожь, кукуруза на зерно, подсолнечник на семя и картофель с учетом почв, рельефа и климата в рамках сценариев, предусматривающих то, что климат территории изменится до оптимального для рассматриваемых культур. Пространственные сценарии строились в ГИС. При оценке пригодности земель использовано правило максимальной лимитации.

Результаты. Установлено, что в наибольшей степени прирост пригодных площадей можно ожидать в Якутии, Архангельской области и Республике Коми. В наименьшей степени изменение климата может сказаться на площадях пригодных земель в Ленинградской, Магаданской и Мурманской областях.

Заключение. Ожидаемые изменения климата в российской Арктике в сторону его большей благоприятности для возделывания сельскохозяйственных культур вряд ли приведут к 2100 году к возможности существенного расширения площадей посевов практически всех проанализированных культур из-за неблагоприятных почвенных условий и условий рельефа.

Ключевые слова: глобальные изменения климата, почвенные ресурсы, размещение посевов сельскохозяйственных культур, ресурсный потенциал земель

CAN CLIMATE CHANGE LEAD TO AN EXPANSION OF CROPS IN THE ARCTIC ZONE OF RUSSIA?

Igor Yuryevich Savin ^{1,3}, Sergey Andreevich Avetyan ^{1,2}, Nadezhda Valeryevna Savitskaya ¹, Olga Dmitrievna Kucher ³

¹*FGBNU FIC “V.V. Dokuchaev Soil Science Institute”, Moscow, Russia*

²*M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

³*Institute of Ecology, RUDN, Moscow, Russia*

odkucher@yandex.ru

Abstract.

Problem and purpose. The fact of climate change over recent decades is no longer disputed by scientists. The warming trend across Russia suggests that conditions for crop cultivation are becoming more favorable, leading to expectations of expanded arable land and increased yields. However, these forecasts often overlook land suitability in terms of soil and terrain. The aim of this research was to address this gap.

Methodology. The study entailed the assessment of land suitability in the Russian Arctic (north of 60° latitude) for the cultivation of winter wheat, spring barley, winter rye, grain maize, sunflower for seeds, and potatoes, taking into account soil, terrain, and climate under scenarios predicting the climate will become optimal for these crops. Spatial scenarios were constructed using GIS, and land suitability was evaluated based on the maximum limitation rule.

Results. The greatest increase in suitable land areas is expected in Yakutia, Arkhangelsk Oblast, and the Komi Republic, while the least impact of climate change is predicted for Leningrad, Magadan, and Murmansk Oblasts.

Conclusion. Although climatic shifts in the Russian Arctic are expected to improve conditions for agricultural cultivation, significant expansion of arable land for the widely used crops by 2100 is unlikely due to unfavorable soil and terrain conditions.

Key words: *global climate change, soil resources, crop land allocation, land resource potential.*

Введение

От объемов продукции сельского хозяйства, производимых на территории страны во многом зависит как ситуация с продовольственной безопасностью, так и экспортный потенциал. Возможности самообеспечения продовольствием на любой территории предопределяются спецификой питания населения и особенностями природных условий. Особенности климата и широкое распространение плодородных почв в России создают благоприятные условия

для производства зерновых культур, которые служат основой питания населения и кормовой базой для развития животноводства.

На протяжении многих лет Россия занимает одно из первых мест в мире по производству зерна. Но, это обусловлено в основном большими площадями посевов зерновых культур. Их урожайность, по сравнению со странами Европы, США или Австралией, все еще остается на достаточно низком уровне (FAO. World Food and ..., 2022). Кроме того, урожайность зерновых в России достаточно нестабильна и сильно варьирует от года к году (Abys et al, 2022). Это чаще всего объясняется периодическими засухами, но оказывают влияние и такие факторы, как заморозки посевов, неблагоприятные погодные условия во время уборки или перезимовки озимых культур, недостаточное внесение удобрений и др. (Аверьянова, 2017).

Несмотря на существующую нестабильность, в последние годы отмечается значительный положительный тренд урожайности на уровне страны. Некоторые авторы связывают его преимущественно с действиями органов исполнительной власти, направленными на стимулирование развития сельского хозяйства и его модернизацию (Агроинвестор, 2023). Другие исследователи указывают на ведущую роль происходящих изменений климата (Abys et al, 2022; Сизов, 2023; Савин, 2023).

В качестве отдельной темы исследований все чаще оказывается оценка изменений ресурсного потенциала территорий для производства сельскохозяйственных культур из-за изменений климата. Особенно актуально это для Арктической зоны России, где, по некоторым прогнозам, может произойти значительное повышение температуры воздуха уже в ближайшие десятилетия, что потенциально сделает климатические условия более благоприятными для возделывания сельскохозяйственных культур.

Известно, что каждый земельный участок обладает ресурсным потенциалом, то есть потенциальными возможностями его использования в том или ином качестве. Ресурсный потенциал земель зависит не только от площади участка, но и от его пригодности для использования. Поэтому ресурсный потенциал земель не может рассматриваться в отрыве от особенностей его желаемого использования. Ресурсный потенциал земель одного и того же участка для возделывания пшеницы будет отличаться от ресурсного потенциала земель этого участка для возделывания картофеля, или для его использования в ином качестве (Савин, 2020).

Из этого следует, что для оценки ресурсного потенциала земель какой-либо территории для возделывания сельскохозяйственных культур, необходимо провести оценку пригодности земель для каждой из культур, которые потенциально могут на этой территории возделываться. Только после этого, при необходимости, можно будет сделать некую интегральную оценку.

Оценка пригодности земель может быть проведена разными методами, но в любом случае оцениваться должна пригодность всех параметров качества земель (рельефа, почвенных и климатических). Оценка всех параметров качества земель обычно проводится блоками: блок параметров рельефа, блок

почвенных параметров, блок климатических параметров. После этого из частных оценок производится интегральная оценка пригодности.

В связи с возможными изменениями во времени параметров земель (особенно почвенных и климатических), тренды изменений также необходимо принимать во внимание при оценке пригодности, хотя на практике это практически никогда не делается, а опора осуществляется на средние многолетние данные. Особенно это важно для учета наблюдаемых изменений климата и прогноза этих изменений (особенно это важно для многолетних сельскохозяйственных культур (Драгавцева и др., 2016)). В меньшей степени это касается рельефа, который можно считать практически неизменным на протяжении десятков лет, а также почвенных свойств, для изменения которых многолетние прогнозы не разрабатываются из-за отсутствия надежных моделей.

Также необходимо отметить, что оценка ресурсного потенциала земель не подразумевает учет фактического использования земель на момент оценки.

Изменения климата приводят к изменению ресурсного потенциала земель российской Арктики. Вряд ли можно ожидать изменений рельефа территории в результате ожидаемых до конца столетия изменений климата. Под воздействием климата происходят и изменения свойств почв. Но их изменения, как правило, носят более долгосрочный характер и проявляются со значительным временным лагом.

В результате, основные изменения ресурсного потенциала земель российской Арктики для возделывания сельскохозяйственных культур на ближайшие десятилетия могут быть связаны в основном с изменением метеорологических условий.

Факт направленного изменения климата за последние десятилетия уже не вызывает споров ученых, как это было даже лет десять назад. Климатологи подтверждают это многочисленными исследованиями в разных регионах мира. Указывается на то, что во многих частях суши климат меняется в сторону потепления, хотя и не везде. Изменение количества осадков не столь однозначно (Иванов и др., 2019). В большинстве научных публикаций анализируются именно эти базовые параметры климата: средняя температура воздуха и количество атмосферных осадков. Причем часто они рассматриваются в виде средних годовых значений. То есть, средняя годовая температура на большой территории Земли имеет положительный многолетний тренд, что и обозначается как «потепление климата». Но для анализа изменений климата с точки зрения возможности возделывания сельскохозяйственных культур подобные параметры малоинформативны, так как рост растений предопределяется не средней многолетней температурой и годовым количеством осадков, а другими, более детальными параметрами, которые для каждой сельскохозяйственной культуры специфичны. Например, такими как количество осадков или температура в заданные фенофазы сельскохозяйственных растений (Кирюшин, 1996), которые могут иметь многолетний тренд, отличный от тренда средних годовых величин температуры и осадков. Лишь на основе анализа подобных специфичных для растений

параметров можно выявлять тренды именно агроклимата, а не просто климатических изменений в целом.

Попытки подобного анализа тренда агроклимата делаются уже достаточно давно (Fischer et al., 2005) и постоянно совершенствуются. Так, согласно одной из последних попыток (Schneider, Zabel, Mauser, 2022), до 2100 года потенциально обрабатываемая площадь в мире увеличится по сравнению с историческим периодом на 5% или 13% (при климатических сценариях RCP2.6 и RCP8.5 соответственно), в результате чего потенциально обрабатываемая площадь пахотных земель в мире составит от 82 до 88 млн. км². Наибольшее увеличение обрабатываемых земель по сравнению с историческим периодом может произойти в Северной Америке и России на +11% и +12% при сценарии RCP2.6 и на +34% и +30% при сценарии RCP8.5. Подобный рост, согласно этим сценариям, в основном связан со смещением северной границы земледелия дальше на север. Таким образом, большие территории в северном полушарии будут становиться более пригодными для возделывания сельскохозяйственных культур по климату. На рисунке 1 показаны территории в Арктической зоне России, которые, могут стать пригодными для возделывания сельскохозяйственных культур к 2100 году.

Согласно этому сценарию (рис.1), площадь пригодных по климатическим условиям для растениеводства земель в Арктической зоне России к 2100 году должна увеличиться на 1751418 квадратных километра. В наибольшей степени это увеличение произойдет для Красноярского края (на 412 тыс. км²), для Ямало-Ненецкого АО (на 346 тыс. км²), для Ханты-Мансийского АО (на 278 тыс. км²) и для республики Коми (на 214 тыс. км²), хотя затронет в той или иной степени все регионы Арктической зоны.

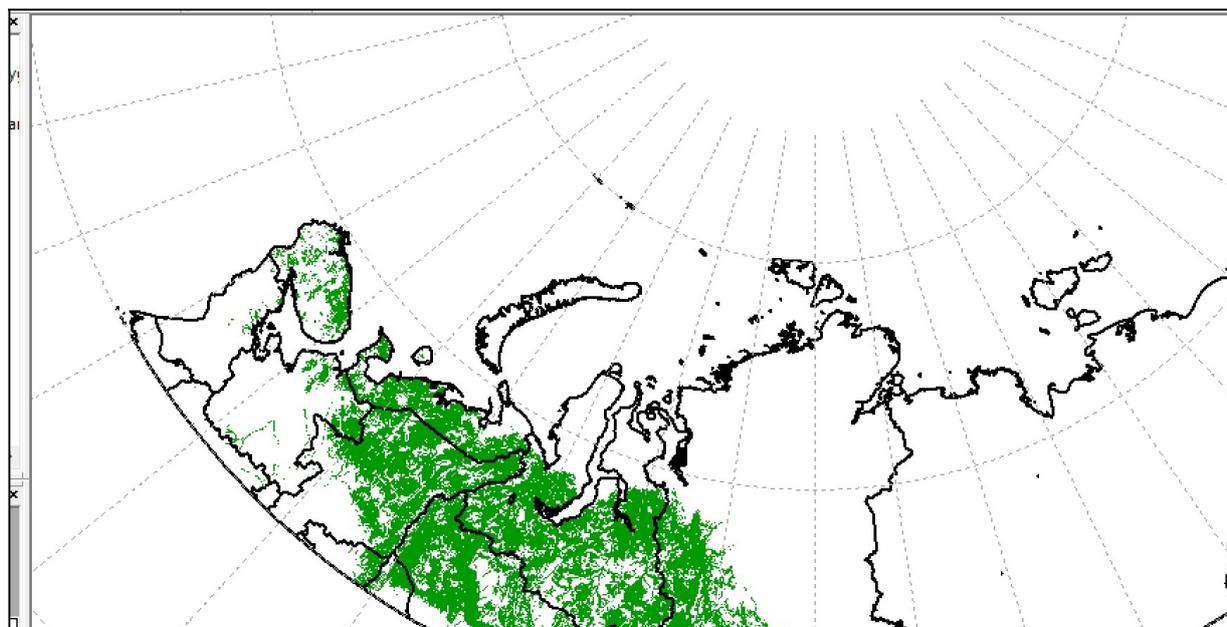


Рисунок 1- Земли в Арктической зоне России, которые станут пригодными для возделывания сельскохозяйственных культур к 2100 году при сценарии изменения климата RCP8.5 (зеленый цвет) (карта построена авторами на основе прогноза (Schneider, Zabel, Mauser, 2022)).

Figure 1- Lands in the Arctic zone of Russia that will become suitable for cultivating agricultural crops by 2100 under the RCP8.5 climate change scenario (green) (the map was created by the authors based on the forecast (Schneider, Zabel, Mauser, 2022)).

Целью наших исследований была оценка ресурсного потенциала земель российской Арктики (территория страны севернее 60 градусов северной широты) для возделывания таких культур как озимая пшеница, яровой ячмень, озимая рожь, кукуруза на зерно, подсолнечник на семя и картофель при сценарии, что климатические условия станут в результате изменения климата идеальными для их возделывания.

Материалы и методы исследований

Арктическая зона Российской Федерации (севернее 60 градусов северной широты) объединяет не только огромные акватории, но и значительные сухопутные территории, включая острова, общей площадью около 330 млн га, что составляет более 20% территории страны. Основная часть суши Арктической зоны (93 %) покрыта почвами, которые контролируют важные биосферные функции, включая продуктивность и биоразнообразие наземных экосистем, производство парниковых газов, регулирование качества водных ресурсов и др.

В 2014 году в Почвенном институте им. В.В. Докучаева был создан Единый государственный реестр почвенных ресурсов страны, который позволил на новом научном уровне оценить почвенные ресурсы Арктической зоны (FAO. World Food and ..., 2022). Согласно Реестру в регионе выделено 59 классификационных выделов почв и 46 почвенных комплексов. Таблица 1 показывает обобщенные (на таксономическом уровне отделов почв, характеризующих наиболее общие черты почвообразования (Аверьянова, 2017)) сведения о почвенных ресурсах российской Арктики. Наиболее общей чертой почв региона является присутствие многолетней мерзлоты, залегающей в пределах верхнего метрового слоя.

Таблица 1 - Почвенные ресурсы Арктической зоны России (Иванов и др., 2016)

Почвы	Зоны распространения многолетней мерзлоты				Площадь итого	
	Отсутствует	Спорадическое (<50%)	Прерывистое (50-90%)	Сплошное (>90%)	млн га	%
Однородные массивы почв						
Глееземы	0.2	1.5	4.7	8.2	14.6	10
Криоземы	0.0	0.0	0.0	3.8	3.8	3

Альфегумусовые	4	10	11	37	62.6	42
Текстурно-дифференцированные	3.0	4.2	0.8	0.2	8.1	6
Органо-аккумулятивные	0	0	0	2	1.8	1
Метаморфические	0.0	2.0	0.4	6.3	8.7	6
Аллювиальные	0.3	1.0	4.4	12.1	17.8	12
Торфяные	2.0	1.9	2.1	7.2	13.2	9
Галоморфные	0.0	0.1	0.0	0.8	0.9	1
Слаборазвитые	0.0	0.1	0.1	13.7	14.0	10
Площадь, млн га	9.9	21.0	23.9	90.9	145.5	100
Почвенные комплексы						
Глееземы	0.2	3.4	3.7	72.1	79.5	49
Криоземы	0.0	0.0	0.0	30.0	30.0	19
Альфегумусовые	0.0	0.4	0.2	1.7	2.3	1
Аллювиальные	0.0	0.0	0.1	7.3	7.4	5
Торфяные	2	4	11	26	42.6	26
Площадь, млн га	2.2	7.7	14.6	137.2	161.7	100
Непочвенные образования						
Каменистые россыпи	0.1	1.0	0.4	16.8	18.3	85
Рыхлые породы	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	1
Пески	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0
Вода	0.2	0.4	0.1	2.0	2.7	14
Площадь, млн га	0.3	1.3	0.5	19.2	21.4	100
Итого						
Всего площадь, млн га	12.1	28.7	38.4	228.0	307.3	

Вместе с тем, территория Арктической зоны, характеризуется значительным почвенным разнообразием, включая Альфегумусовые и Текстурно-дифференцированные, Метаморфические, Органо-аккумулятивные, Торфяные, Глееземы и др. Такое разнообразие свидетельствует о том, что многолетняя мерзлота лишь ограничивает мощность слоя активного почвообразования, но не препятствует протеканию разнообразных почвообразовательных процессов, свойственных бореальной биоклиматической обстановке.

Более половины территории российской Арктики характеризуется комплексным почвенным покровом. При этом криогенные комплексы свойственны для суглинистых отложений и влажных условий почвообразования. Однородные массивы почв (например, Альфегумусовые) развиваются на песчаных почвообразующих породах в условиях хорошей аэрации.

Неблагоприятные природные условия приводят к слабой освоенности территории в целом и к практически полному отсутствию промышленного земледелия в регионе. Отдельные очаговые зоны возделывания сельскохозяйственных культур характеризуются очень специфичными агротехнологиями, использование которых на больших территориях невозможно (Моргун и др., 2022).

Следовательно, ожидаемый более благоприятный для сельского хозяйства климат на территории российской Арктики, не означает возможности автоматического расширения сельскохозяйственного производства на эту территорию. Оно может быть существенно ограничено неблагоприятностью условий рельефа и непригодностью почв.

На первом этапе был проведен анализ пригодности земель российской Арктики (территория страны севернее 60 градусов северной широты) для возделывания таких культур как озимая пшеница, яровой ячмень, озимая рожь, кукуруза на зерно, подсолнечник на семя и картофель с учетом почв, рельефа и климата.

После этого проведен анализ пригодности земель в рамках двух сценариев. В первом из них (Сценарий 1) считалось, что климат становится полностью оптимальным для культуры в 2100 году, а почвенные условия и условия рельефа не отличаются от современных. Во втором сценарии (Сценарий 2) считалось, что климат становится пригодным для культуры в 2100 согласно сценарию, приведенному на рисунке 1, а почвенные условия и условия рельефа не отличаются от современных.

Наиболее серьезным допущением в этих сценариях является предположение о том, что почвенные условия останутся неизменными к 2100 году. Без сомнения, почвы будут меняться вслед за изменением климата. Но кардинальных изменений в свойствах почв, предопределяющих возможность их использования в сельском хозяйстве, особенно в ближайшие десятилетия, вряд ли стоит ожидать (например, за десятки лет вряд ли изменится грансостав или каменистость почв, и вряд ли болотные почвы превратятся в черноземы).

С целью проведения исследований на первом этапе проводился анализ и отбор свойств земель, которые предопределяют возможности возделывания той или иной культуры в пределах региона исследований.

Набор свойств, отобранных для оцениваемых культур, не был постоянным и варьировал в зависимости от экологических требований культуры.

Все отобранные свойства ранжировались по степени их оптимальности. При этом границы рангов отдельных свойств земель также были не одинаковы для разных культур и устанавливались с использованием экспертных оценок на основе имеющихся в наличии фондовых и литературных материалов.

Были отобраны свойства земель, предопределяющих их пригодность для рассматриваемых типов культур. Для каждого из них составлены рейтинговые шкалы классов пригодности. Были использованы следующие градации классов пригодности:

- | | |
|--|-----------------------|
| 1 класс – рейтинг оценки 0 (непригодны) - серый цвет на рисунках ниже | |
| 2 класс – рейтинг оценки 25 | - красный цвет |
| 3 класс – рейтинг оценки 50 | - оранжевый цвет |
| 4 класс – рейтинг оценки 75 | - желтый цвет |
| 5 класс – рейтинг оценки 95 | - светло-зеленый цвет |
| 6 класс – рейтинг оценки 100 (пригодны без ограничений) – темно-зеленый цвет | |

После составления оценочных шкал, оценивалось каждое свойство земель всех блоков свойств, и затем с использованием решающего правила выводилась блочная оценка пригодности (пригодность рельефных условий, пригодность почвенных условий, пригодность современных климатических условий), а также интегральная оценка пригодности земель. В качестве решающего использовалось правило максимальной лимитации.

Подобным образом были получены карты пригодности по каждому из вышеизложенных параметров земель для каждой культуры. После этого, на основе единого алгоритма анализа были построены интегральные карты пригодности земель региона для возделывания отдельных культур.

В качестве входных данных для анализа использовались следующие источники информации:

1. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России
2. Районирование территории России по условиям рельефа
3. Климатические данные
4. Карта административно-территориального деления России
5. Информация об экологических требованиях культур, полученная на

основе обобщения данных Агроклиматических справочников и Агроклиматических ежегодников регионов России, а также в научных публикациях (Жученко, 1990; Вавилов и др., 1979; и др.).

Результаты исследований и их обсуждение

Результаты оценки изменений пригодности земель в рамках Сценария изменения климата 1 представлены на рисунке 2 и в таблице 2.

Таблица 2 - Увеличение площади пригодных земель в Арктической зоне России (севернее 60° СШ) при Сценарии 1 (площади приведены в гектарах)

Регион	ячмень	кукуруза	картофель	рожь	подсолнечник	пшеница
Архангельская область	91233	622882	10268774	118085	622882	245251
Вологодская область	0	248298	0	0	970768	0
Иркутская область	12343	12343	38338	11653	12343	12343
Камчатский край	47967	33029	264426	47967	47967	47967
Кировская область	0	248643	0	0	363371	0
Красноярский край	1442606	64047	1733730	1026495	1934501	1934501
Ленинградская область	0	0	0	0	104028	0
Магаданская область	0	0	538255	0	0	0
Мурманская область	0	0	1992288	0	0	0
Ненецкий автономный округ	0	0	980897	38231	0	0
Пермский край	363395	531232	632308	328557	744418	618692
Республика Карелия	0	27638	557108	70379	65833	0

Республика Коми	416933	683489	11488079	2256571	932121	851303
Республика Саха (Якутия)	24917791	30426626	48310272	22451141	30426626	30392144
Свердловская область	47134	255142	73355	47491	304561	72546
Томская область	176728	2476	920492	0	936667	705259
Хабаровский край	20044	20044	80735	20044	20044	20044
Ханты-Мансийский автономный округ - Югра	494489	555311	5003692	140318	1974101	1017592
Чукотский автономный округ	28554	28554	1238598	28554	28554	28554
Ямало-Ненецкий автономный округ	16830	16556	7856958	16818	16818	16830
Всего:	28076047	33776311	91978305	26602303	39505603	35963026

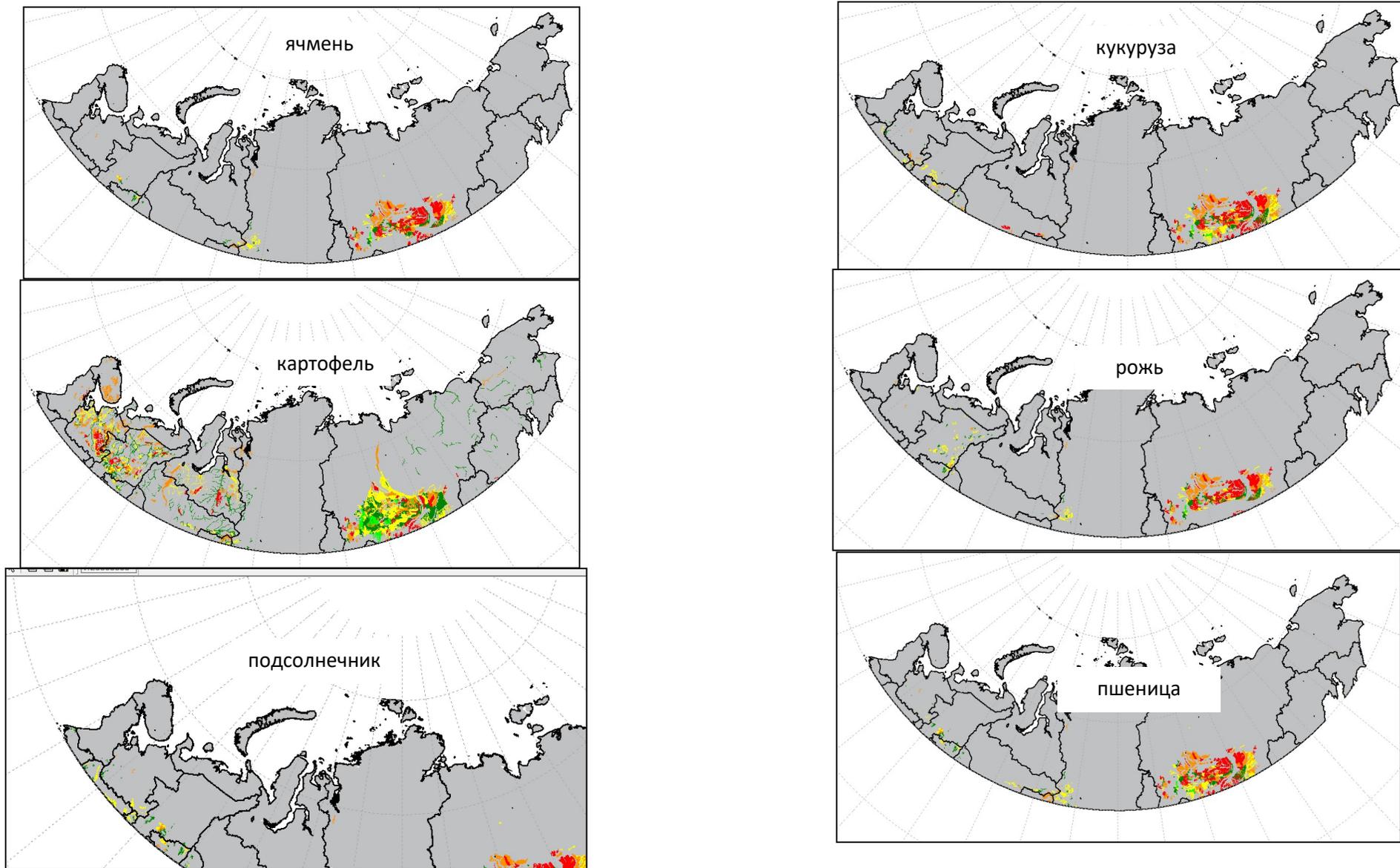


Рисунок 2- Пригодность земель в Арктической зоне России для возделывания основных сельскохозяйственных культур в рамках Сценария 1 (расшифровка цветов приведена в тексте)

Figure 2- Suitability of lands in the Arctic zone of Russia for cultivation of main agricultural crops within the framework of Scenario 1 (color key is given in the text)

Согласно этим данным, площади пригодных земель под возделывание картофеля могут увеличиться на более чем на 90 млн.га, а для остальных рассматриваемых культур на 26-40 млн.га. В наибольшей степени прирост пригодных площадей в рамках Сценария 1 можно ожидать в Якутии, Архангельской области и Республике Коми. В наименьшей степени изменение климата по Сценарию 1 может сказаться на площадях пригодных земель в Ленинградской, Магаданской и Мурманской областях. Во многих регионах в рамках данного сценария максимально может увеличиться площадь земель, пригодных под картофель, но не во всех. Так, например, в Кировской, Свердловской и Вологодской областях наибольшее увеличение произойдет для кукурузы и подсолнечника, в Ленинградской области Пермском крае – для подсолнечника, а в Красноярском крае – для подсолнечника и пшеницы. Также интересно отметить, что в случае даже полной оптимизации климата (Сценарий 1), пригодные земли в Российской Арктике все равно будут сосредоточены преимущественно в южной части данного региона.

В рамках изменения климата по Сценарию 2 (см. выше), доля прироста пригодных земель на территории исследований значительно ниже, чем в рамках Сценария 1 (рис.3 и табл.3) и составляет от 3 млн га для ячменя до 20 млн.га для картофеля.

Наибольший прирост пригодных земель в рамках данного сценария ожидается для Красноярского края, Якутии и Ханты-Мансийского АО. Почти не изменится площадь пригодных земель в Ленинградской, Кировской области и в Хабаровском крае. Немного увеличится площадь пригодных земель только под картофель в Архангельской, Магаданской, Мурманской областях, в Карелии и Хабаровском крае, а также на Чукотке. В остальных регионах площади пригодных земель вырастут почти для всех культур, но в разном соотношении (табл.3).

Заключение

Таким образом, проведенный анализ показал, что в рамках наиболее вероятного на данный момент сценария изменений климата (Сценарий 2) прирост площадей земель, пригодных для возделывания наиболее распространенных культур, в российской Арктике будет минимальным. Это связано с низкой пригодностью земель по почвенным и рельефным условиям. В большинстве регионов можно ожидать в основном прирост площадей земель, пригодных для возделывания картофеля. Даже в случае наиболее гипотетического сценария (Сценарий 1), предполагающего, что климат станет оптимальным для возделывания всех рассматриваемых культур, прирост пригодных земель будет также небольшим.

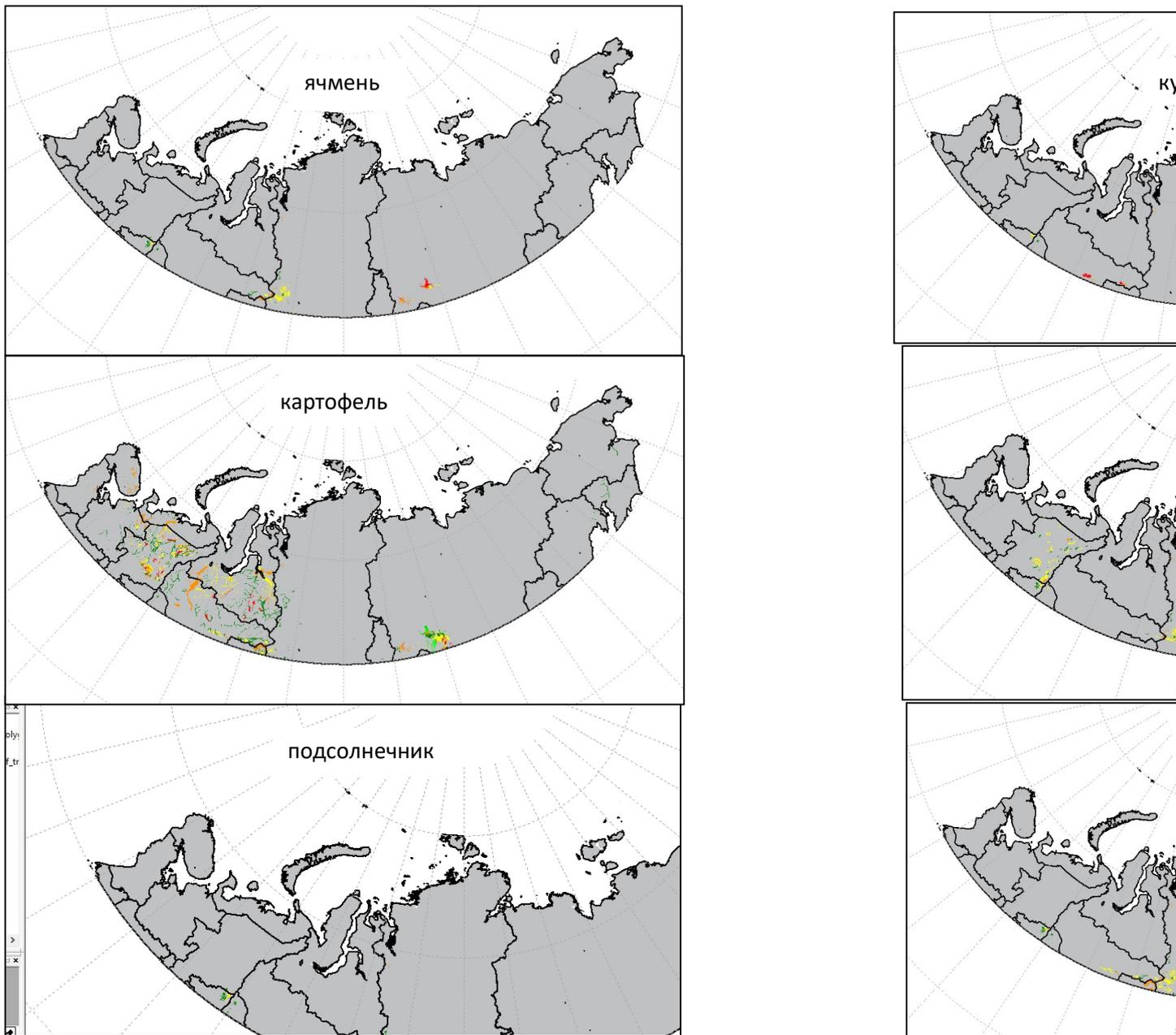


Рисунок 3-. Пригодность земель в Арктической зоне России для возделывания основных сельскохозяйственных культур в рамках Сценария 2 (расшифровка цветов приведена в тексте)

Figure 3-. The suitability of lands in the Arctic zone of Russia for the cultivation of major crops in the framework of Scenario 2 (the decoding of colors is given in the text)

Таблица 3 - Увеличение площади пригодных земель в Арктической зоне России (севернее 60° СШ) при Сценарии 2 (площади приведены в гектарах)

Регион	ячмень	кукуруза	картофель	рожь	подсолнечник	пшеница
Архангельская область	0	0	660874	476	0	0
Вологодская область	0	6332	0	0	8522	0
Иркутская область	4737	4737	30042	4452	4737	4737
Камчатский край	13450	714	192273	13450	13450	13450
Кировская область	0	821	0	0	1762	0
Красноярский край	1256214	20817	724862	914493	1640831	1640831
Ленинградская область	0	0	0	0	738	0
Магаданская область	0	0	67606	0	0	0
Мурманская область	0	0	388855	0	0	0
Ненецкий автономный округ	0	0	658863	37671	0	0
Пермский край	276912	111515	3071	273567	276912	276912
Республика Карелия	0	0	64488	583	0	0
Республика Коми	50383	8701	5077190	1786696	50586	50586
Республика Саха (Якутия)	878631	2571999	3078463	814952	2571999	2551146
Свердловская область	43504	52823	50205	37207	57132	48812
Томская область	153602	345	684644	0	764355	575843
Хабаровский край	0	0	4071	0	0	0
Ханты-Мансийский автономный округ - Югра	401043	477707	3854386	123358	1651508	846101
Чукотский автономный округ	36	36	70201	36	36	36
Ямало-Ненецкий автономный округ	11510	11510	5015523	11498	11498	11510
Всего:	3090020	3268057	20625616	4018438	7054064	6019963

Необходимо отметить, что в рамках рассматриваемых сценариев принимается, что почвы и рельеф территории исследований к 2100 году не изменятся. Ожидать изменений рельефа за несколько десятком лет действительно вряд ли стоит, почвы, без сомнения, будут изменяться. Некоторые их свойства могут измениться за несколько десятков лет кардинально. Однако, вряд ли можно ожидать сильных изменений базовых свойств почв, определяющих их потенциальное плодородие, к каковым можно отнести грансостав почв, их каменистость и щебнистость, мощность мелкоземистой толщи. Существенно могут измениться такие важные показатели плодородия почв, как их гидрологический режим, уровень залегания грунтовых вод, гумусное состояние почв. Но вряд ли стоит ожидать этих изменений в сторону повышения

потенциального плодородия. Более вероятно их изменение в негативную сторону (более гидроморфные режимы почв, повышение уровня грунтовых вод, деградация гумуса).

Следовательно, ожидаемые изменения климата в российской Арктике в сторону его большей благоприятности для возделывания сельскохозяйственных культур, вряд ли приведут к 2100 году к возможности существенного расширения площадей посевов и возделывания на промышленном уровне практически всех проанализированных культур из-за неблагоприятных почвенных условий и условий рельефа.

Библиографический список

1. Аверьянова, И. П. Влияние факторов эффективного плодородия почвы на урожайность и качество зерна яровой пшеницы и их моделирование в условиях умеренно-засушливой и колючной степи Алтайского края / И. П. Аверьянова, С. В. Жандарова, А. Б. Совриков и др. // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2017. – № 6. – С. 15–20. URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-faktorov-effektivnogo-plodorodiya-pochvy-na-urozhaynost-i-kachestvo-zerna-yarovoy-pshenitsy-i-ih-modelirovanie-v-usloviyah>
2. Глобальный климат и почвенный покров России: опустынивание и деградация земель, институциональные, инфраструктурные, технологические меры адаптации (сельское и лесное хозяйство) : Национальный доклад. Том 2 / А. Л. Иванов, Г. С. Куст, И. М. Донник и др. – М. : МБА, 2019. – 476 с. URL:<https://old.esoil.ru/mainpublications/глобальный-климат-и-почвенный-покров/nacdoklclimat.html>
3. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. Версия 1.0. – М. : Почвенный институт им. В. В. Докучаева Россельхозакадемии, 2014. – 768 с. URL: <https://egrpr.esoil.ru/>
4. Иванов, А. Л. Почвенные ресурсы российской Арктики / А. Л. Иванов, В. С. Столбовой, И. Ю. Савин // Доклады Академии наук, 2016. – Т. 466. – № 3. – С.350. URL:https://elibrary.ru/page_captcha.asp?rpage=https%3A%2F%2Felibrary%2Eru%2Fitem%2Easp%3Fedn%3Dvhvljpr
5. Моргун, Е. Н. Полярное земледелие в ямало-ненецком автономном округе. Возрождение / Е. Н. Моргун, Е. В. Абакумов, Т. И. Низамутдинов, Р. М. Ильясов. – СПб. : Астерион, 2022. – 250 с. URL:<https://goarctic.ru/news/polyarnoe-zemledelie-v-praktikakh-korennykh-narodov-yamala/>
6. Национальный Атлас почв Российской Федерации. – М. : Астрель : АСТ, 2011. – 632 с. – URL: <http://soilatlas.ru>.
7. Россельхозбанк: за пять лет урожайность зерновых в России выросла на 23% // Агроинвестор. – URL: <https://agrarian.expert/rosselhozbank-za-pyat-let-urozhajnost-zernovyh-v-rossii-vyrosla-na-23> (дата обращения: 05.09.2024).
8. Савин, И. Ю. Пространственные аспекты прикладного почвоведения / И. Ю. Савин // Бюллетень Почвенного института имени В. В. Докучаева, 2020. – № 101. – С. 5–18. – URL:<https://doi.org/10.19047/0136-1694-2020-101-5-18>.

9. Сизов, А. А. Как изменения климата оказались на руку российским аграриям // Sber.pro. – URL: <https://sber.pro/publication/kak-izmeneniia-klimata-okazalis-na-ruku-rossiiskim-agrariiam> (дата обращения: 05.09.2024).
10. Abys, C., Skakun, S., Becker-Reshef, I. The rise and volatility of Russian winter wheat production // Environmental Research Communications, 2022. – Vol. 4. – No. 10. – 101003. – URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2515-7620/ac97d2> (дата обращения: 05.09.2024). – doi:10.1088/2515-7620/ac97d2.
11. FAO. World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2022. – Rome : FAO, 2022. – 382 p. – doi:10.4060/cc2211en.
12. Klöffel, T., Young, E. H., Borchard, N., Vallotton, J. D., Nurmi, E., Shurpali, N. J., Urbano Tenorio, F., Liu, X., Young, G. H. F., Unc, A. The challenges fraught opportunity of agriculture expansion into boreal and Arctic regions // Agricultural Systems, 2022. – Vol. 203. – Art. 103507. – doi:10.1016/j.agsy.2022.103507.
13. Schneider, J. M., Zabel, F., Mauser, W. Global inventory of suitable, cultivable and available cropland under different scenarios and policies // Scientific Data, 2022. – Vol. 9. – Art. 527. – URL: <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01632-8>.
14. Temirbekova, S.K.; Kulikov, I.M.; Afanasyeva, Y.V.; Beloshapkina, O.O.; Kalashnikova, E.A.; Kirakosyan, R.N.; Dokukin, P.A.; Kucher, D.E.; Latati, M.; Rebouh, N.Y. The Evaluation of Winter Wheat Adaptation to Climate Change in the Central Non-Black Region of Russia: Study of the Gene Pool Resistance of Wheat from the N.I. Vavilov Institute of Plant Industry (VIR) World Collection to Abiotic Stress Factors. Plants 2021, 10, 2337. URL: <https://doi.org/10.3390/plants10112337>

References

1. Aver'yanova, I. P. Vliyanie faktorov effektivnogo plodorodiya pochvy na urozhaynost' i kachestvo zerna yarovoj pshenicy i ih modelirovanie v usloviyah umerenno-zasushlivoj i kolochnoj stepi Altajskogo kraja / I. P. Aver'yanova, S. V. Zhandarova, A. B. Sovrikov i dr. // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2017. – № 6. – S. 15–20. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-faktorov-effektivnogo-plodorodiya-pochvy-na-urozhaynost-i-kachestvo-zerna-yarovoy-pshenitsy-i-ih-modelirovanie-v-usloviyah>
2. Global'nyj klimat i pochvennyj pokrov Rossii: opustynivanie i degradaciya zemel', institucional'nye, infrastrukturnye, tekhnologicheskie mery adaptacii (sel'skoe i lesnoe hozyajstvo) : Nacional'nyj doklad. Tom 2 / A. L. Ivanov, G. S. Kust, I. M. Donnik i dr. – M. : MBA, 2019. – 476 s. URL: <https://old.esoil.ru/mainpublications/global'nyj-klimat-i-pochvennyj-pokrov/nacdoklclimat.html>
3. Edinyj gosudarstvennyj reestr pochvennyh resursov Rossii. Versiya 1.0. – M. : Pochvennyj institut im. V. V. Dokuchaeva Rossel'hoz akademii, 2014. – 768 s. URL: <https://egrpr.esoil.ru/>
4. Ivanov, A. L. Pochvennye resursy rossijskoj Arktiki / A. L. Ivanov, V. S. Stolbovoj, I. Yu. Savin // Doklady Akademii nauk, 2016. – T. 466. – № 3. – S.350. URL: https://elibrary.ru/page_captcha.asp?rpage=https%3A%2F%2Felibrary%2Eru%2Fitem%2Easp%3Fedn%3Dvhvljp

5. Morgun, E. N. *Polyarnoe zemledelie v yamalo-neneckom avtonomnom okruge. Vozrozhdenie* / E. N. Morgun, E. V. Abakumov, T. I. Nizamutdinov, R. M. Il'yasov. – SPb. : Asterion, 2022. – 250 s.
URL: <https://goarctic.ru/news/polyarnoe-zemledelie-v-praktikakh-korenykh-narodov-yamala/>
6. *Nacional'nyj Atlas pochv Rossijskoj Federacii*. – M. : Astrel' : AST, 2011. – 632 s. – URL: <http://soilatlas.ru>.
7. *Rossel'hozbank: za pyat' let urozhajnost' zernovyh v Rossii vyrosla na 23% // Agroinvestor*. – URL: <https://agrarian.expert/rosselhozbank-za-pyat-let-urozhajnost-zernovyh-v-rossii-vyrosla-na-23> (data obrashcheniya: 05.09.2024).
8. Savin, I. Yu. *Prostranstvennye aspekty prikladnogo pochvovedeniya* / I. Yu. Savin // *Byulleten' Pochvennogo instituta imeni V. V. Dokuchaeva*, 2020. – № 101. – S. 5–18. – URL: <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2020-101-5-18>.
9. Sizov, A. A. *Kak izmeneniya klimata okazalis' na ruku rossijskim agrariyam* // *Sber.pro*. – URL: <https://sber.pro/publication/kak-izmeneniia-klimata-okazalis-na-ruku-rossiiskim-agrariiam> (data obrashcheniya: 05.09.2024).
10. Abys, C., Skakun, S., Becker-Reshef, I. *The rise and volatility of Russian winter wheat production* // *Environmental Research Communications*, 2022. – Vol. 4. – No. 10. – 101003. – URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2515-7620/ac97d2> (data obrashcheniya: 05.09.2024). – doi:10.1088/2515-7620/ac97d2.
11. *FAO. World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2022*. – Rome : FAO, 2022. – 382 p. – doi:10.4060/cc2211en.
12. Klöffel, T., Young, E. H., Borchard, N., Vallotton, J. D., Nurmi, E., Shurpali, N. J., Urbano Tenorio, F., Liu, X., Young, G. H. F., Unc, A. *The challenges fraught opportunity of agriculture expansion into boreal and Arctic regions* // *Agricultural Systems*, 2022. – Vol. 203. – Art. 103507. – doi:10.1016/j.agsy.2022.103507.
13. Schneider, J. M., Zabel, F., Mauser, W. *Global inventory of suitable, cultivable and available cropland under different scenarios and policies* // *Scientific Data*, 2022. – Vol. 9. – Art. 527. – URL: <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01632-8>.
14. Temirbekova, S.K.; Kulikov, I.M.; Afanasyeva, Y.V.; Beloshapkina, O.O.; Kalashnikova, E.A.; Kirakosyan, R.N.; Dokukin, P.A.; Kucher, D.E.; Latati, M.; Rebouh, N.Y. *The Evaluation of Winter Wheat Adaptation to Climate Change in the Central Non-Black Region of Russia: Study of the Gene Pool Resistance of Wheat from the N.I. Vavilov Institute of Plant Industry (VIR) World Collection to Abiotic Stress Factors*. *Plants* 2021, 10, 2337. URL: <https://doi.org/10.3390/plants10112337>