

## МЕТАЦЕНТРИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА В СУБАРКТИЧЕСКОМ КЛИМАТИЧЕСКОМ ПОЯСЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Виктор Иванович Старцев<sup>1</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
Сергей Александрович Соловьев<sup>2</sup>, академик РАН, профессор  
Николай Владимирович Новичков<sup>3</sup>, доктор экономических наук, профессор  
Владимир Геннадьевич Новиков<sup>3</sup>, член-корреспондент РАН, профессор  
<sup>1</sup>ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии», р.п. Большие Вяземы, Московская обл., Россия  
<sup>2</sup>Российская академия наук, г. Москва, Россия  
<sup>3</sup>ФГБНУ ФНЦ ВНИИЭСХ, г. Москва, Россия  
E-mail: viktor\_starsev@mail.ru

**Аннотация.** Представлены результаты экологически и экономически обоснованного анализа перспективы повышения эффективности сельскохозяйственного использования территории субарктического климатического пояса Российской Федерации на основе рационального применения современных технологий, повышения плодородия почв, формирования адаптивных агрофитоценозов различной специализации по взаимозаменяющим направлениям хозяйственной деятельности для самообеспечения местного населения продукцией АПК и повышения потенциала устойчивого развития регионов.

**Ключевые слова:** субарктический климатический пояс, гумус, почвы, климат, сельскохозяйственные растения, агротехнологии, самообеспечение

## METACENTRIC CONCEPT OF AGRICULTURAL PRODUCTION DEVELOPMENT IN THE RUSSIAN FEDERATION SUBARCTIC CLIMATE ZONE

V.I. Startsev<sup>1</sup>, *Grand PhD in Agricultural Sciences, Professor*  
S.A. Solovyev<sup>2</sup>, *Academician of the RAS, Professor*  
N.V. Novichkov<sup>3</sup>, *Grand PhD in Economics Sciences, Professor*  
V.G. Novikov<sup>3</sup>, *Corresponding Member of the RAS, Professor*  
<sup>1</sup>FGBNU "All-Russian Research Institute of Phytopathology", Bolshye Vyazemy, Moscow region, Russia  
<sup>2</sup>Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia  
<sup>3</sup>FGBNU FNC VNIIESH, Moscow, Russia  
E-mail: viktor\_starsev@mail.ru

**Abstract.** The results of an ecologically and economically sound analysis of the prospects for increasing the efficiency of agricultural use of the territory of the Subarctic climatic zone of the Russian Federation based on the rational use of modern technologies, increasing soil fertility, the formation of adaptive agrophytocenoses of various specialization in substituting areas of economic activity in order to self-supply the local population with agricultural products and increase the potential for sustainable development of regions are presented.

**Keywords:** subarctic climate zone, humus, soils, climate, agricultural plants, agrotechnologies, self-sufficiency

Климат России отличается от других стран мира самыми низкими температурами. Практически вся территория Российской Федерации лежит в зоне морозных зим. Регионы по природно-климатическим особенностям и условиям хозяйственного развития, характеризующиеся как северные, составляют 79,5 % территории страны (районы Крайнего Севера и приравненные к ним местности — 65 %, более 60 % находится севернее 60-й параллели, из них 20 % — за полярным кругом). России принадлежит 53 % планетарной зоны Севера и 80 % ее населения. 60-я северная широта — это параллель, которая проходит через юг Аляски, Северный Лабрадор, Южную Гренландию и Санкт-Петербург. Немало российских городов расположено к северу от 60-й параллели. Зона Севера — территория, на которой жизнедеятельность населения ограничена. Чтобы поддерживать тот же уровень жизни, что и в Западной Европе, жителям нужно в два-четыре раза больше энергии. Для перезимовки каждый год требуется более 500 млн т топлива, на закупку которого

уходит более чем 40 млрд долл. США. Север занимает особое положение в экономике страны, располагая громадным по объему и уникальным по составу и качеству сырья природно-ресурсным потенциалом. В его недрах сосредоточено свыше 60 % запасов углеводородов и минерально-сырьевых ресурсов, более 50 % воспроизводимых — лес, рыба, пушнина, гидроэнергоресурсы, никель, олово, золото, платина, алмазы, сырье редких металлов и другие. Обширная зона шельфа северных морей России с богатыми природными и биологическими ресурсами создает предпосылки для долгосрочных структурных преобразований, ориентированных на промышленное освоение морской акватории Севера и Арктики. Особое место на Севере занимают отрасли традиционного для коренного населения хозяйствования: оленеводство, охота, рыболовство. [1] В настоящее время территории Арктического климатического пояса практически не задействованы в сельском хозяйстве. Однако в Субарктике развитие селекционно-семеноводческой деятельности, техноло-

гий возделывания сельскохозяйственных растений на фоне глобального изменения климата, позволяют создавать концептуальные модели повышения эффективности применения северных территорий Российской Федерации.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использовали монографический, экономико-статистический, расчетно-конструктивный, ситуационно-аналитический, балансовый методы исследований, а также метод сценарных проектов.

Междисциплинарный подход метода ситуационного анализа основывался на изучении климатических и почвенных факторов, лимитирующих развитие растениеводческой отрасли, в зависимости от которых формировался фактор соответствующих регионам сельскохозяйственных культур и технологий их возделывания. Были предложены направления развития агропромышленного комплекса на территории субарктического климатического пояса Российской Федерации.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Территории Субарктического климатического пояса имеют большие перспективы вовлечения в хозяйственную деятельность при условии разработки адаптивных технологий возделывания сельскохозяйственных растений, особенно актуальных на фоне происходящих процессов глобального потепления климата. [8, 9]

Несмотря на то, что средняя температура воздуха самого теплого месяца июля ниже  $15^{\circ}\text{C}$ , продолжительность вегетационного периода с температурой  $5^{\circ}\text{C}$  – менее 100 дн., сумма температур выше  $10^{\circ}\text{C}$  – 1000...1200 $^{\circ}\text{C}$ , с помощью современных технологий в условиях Субарктики удастся выращивать некоторые растения.

Температурный фактор влияет на образование арктических и тундровых почв. Температура мерзлых почв колеблется от минус 1 до минус  $2^{\circ}\text{C}$  в европейской части тундровой зоны и до минус  $9^{\circ}\text{C}$ ...минус  $11^{\circ}\text{C}$  в восточных районах. Наличие многолетней мерзлоты на небольшой глубине определяет водный и тепловой режим сформировавшихся типов почв, интенсивность выветривания почвообразующих пород, скорость протекания геохимических и микробиологических процессов, развитие растительного покрова.

В северной подзоне тундры растительность не образует сплошного покрова, но в отличие от арктических пустынь он отсутствует лишь на участках выдувания снега и выходах сильно щебнистых пород. Это в основном мхи, лишайники, осоки и некоторые виды злаковых и цветковых растений. Для южной подзоны тундры характерно большее развитие мхов, осок и кустарников (карликовая ива, береза (ерник), багульник, голубика). В западных провинциях подзоны широко распространены болотные формации.

Лесотундра находится в самой южной части тундровых почв и граничит с лесной зоной. Лесные участки располагаются островами, а у северных границ подзоны отдельными деревьями, которые по речным долинам смыкаются в массивы и проникают на север дальше, чем на водоразделах. Большие пространства заняты болотами.

Неустойчивая погода из-за частых холодных циклонов из Арктики, создающих опасность заморозков даже в июле, ограничивает количество видов растений, нетребовательных к теплу, морозостойких, культивируемых в субтропиках в холодную половину года (крестоцветные, корнеплоды, картофель). Вместе с тем непрерывный день в Субарктике при относительно низком положении солнца (менее  $50^{\circ}$  в полдень) создает своеобразные условия для растениеводства. Характерна малая суточная амплитуда температур даже в резко континентальных положениях (Верхоянск). Все это вместе с преобладанием рассеянной солнечной радиации, богатой физиологически активными лучами, значительно повышает продуктивность сельскохозяйственных культур, несмотря на низкие температуры.

Количество осадков в Субарктике невелико (200...400 мм / год), но дожди идут часто, с малым количеством воды, что при высокой влажности воздуха (70...80 %) и низкой температуре сводит испарение и транспирацию к минимуму. Сильная заболоченность территории – препятствие для развития сельского хозяйства, хотя одновременно болота после осушки и соответствующего улучшения почв составляют наиболее ценный земельный фонд для овощеводства.

Остывание почвы в течение длинной бессолнечной зимы создает в большей части пояса вечную мерзлоту в почве, которая оттаивает летом только в верхнем слое (50 см), что влияет на неустойчивость грунта и осложняет оперативную деятельность при ведении сельского хозяйства. Соответствующими агротехническими мероприятиями верхний уровень мерзлоты может быть снижен.

Циклоны создают в Субарктике усиленное движение воздуха и снижают температурный эффект солнечной радиации, поэтому защита от ветра в виде искусственных сооружений или живых кулис (травяные, древесные) может значительно улучшить температурные условия среди растений и повысить использование солнечного тепла.

Почвообразование в тундре отличается от арктического повышением увлажнением и несколько большим притоком тепла. Поскольку микробиологические процессы охватывают только верхний слой (20...30 см) почв, они характеризуются замедленным темпом биологического круговорота веществ (бедность бактериальной флоры, замедление процессов разложения опада, слабая аэрация и другое) и замкнутостью водного и солевого режимов вследствие близкого залегания горизонта многолетней мерзлоты, в связи с чем в них накапливаются слабо разложившиеся органические остатки растений и образуется большое количество воднорастворимых гумусовых веществ, благоприятствующих развитию процессов оглеения.

Тип тундровых глеевых почв распространен от Кольского полуострова до Берингова пролива, они тянутся широкой полосой вдоль побережья Северного Ледовитого океана и ограничены на юге таежно-лесной зоной бореального пояса. Из-за различия климатических, геоморфологических и почвенных характеристик выделяют четыре провинции: Кольская, Восточно-Европейская, Северо-Сибирская и Чукотско-Анадырская. Климат там суровый и характеризуется низкими отрицательными температурами воздуха в зимний период, особенно в Северо-Сибирской провинции.

Восточно-Европейская провинция сложена палеозойскими и мезозойскими осадочными породами, перекрытыми четвертичными отложениями большой мощности. Они представлены ледниковыми и морскими отложениями, состоящими из морен и флювиогляциальных наносов, которые на юго-востоке перекрыты плащом пылеватых суглинков мощностью 3...5 м, на севере — осадками морских трансгрессий.

Обширная Северо-Сибирская провинция состоит из отложений ледниковых (моренные и флювиогляциальные) и морских трансгрессий.

Чукотско-Анадырская провинция покрыта мощной толщей четвертичных отложений — ледниковых, аллювиальных, озерных. На Чукотском полуострове почвообразующие породы тундровых и арктических почв представлены элювием и делювием коренных пород, различными моренами и морскими наносами. Механический состав пород преимущественно легкий (песчано-пылеватые суглинки, супеси, песчано-галечниковые наносы).

Тундровые глеевые почвы состоят преимущественно из пород тяжелого механического состава (суглинистые, глинистые) и залегают на увалистых ледниковых равнинах. Глубина оттаивания многолетней мерзлоты колеблется от 50 до 150 см. Растительный покров на севере — мхи, лишайники, осоково-злаковые ассоциации различной степени разреженности, южнее появляются кустарники и на южной границе — древесные породы.

Для почв влажных фаций важнейшим морфологическим признаком служит наличие глеевого тиксотропного горизонта. Тиксотропия — это способность сильноувлажненных почв под влиянием механических воздействий превращаться из вязко-пластичных в пльвунную массу и через некоторое время возвращаться в прежнее состояние без уменьшения влажности. В тундре тиксотропность и оглеение уменьшаются с юга на север.

Потенциальное плодородие почв определяет содержание гумуса и легкодоступных для растений минеральных элементов. Ограниченные возможности агротехнического повышения плодородия субарктических почв ставят задачу наиболее эффективного использования имеющегося потенциала. Субарктические почвы характеризуются полной выщелоченностью от легкорастворимых солей и карбонатов. Содержание гумуса в верхних горизонтах достигает 10 %, в торфянистых и перегнойных почвах — до 40 %. Гумус характеризуется преобладанием бесцветных органических веществ (фульвокислоты), связанных с полуторными окислами и обладающих большой подвижностью. Отношение  $C_g:C_{ф} = 0,1:0,8$ . Содержание гумуса на глубине 60...70 см — 0,3...3,0 % (надмерзлотная аккумуляция). Реакция почв в различных подзонах колеблется от кислой и слабокислой до нейтральной. Наиболее кислые — тундровые глеевые почвы южной тундры и лесотундры, их емкость поглощения небольшая, но степень насыщенности основаниями высокая (до 98 %), за исключением органогенных горизонтов, которые значительно кислее минеральных.

Обширные территории, занятые тундровыми почвами, служат кормовой базой северного оленеводства. В этих зонах сосредоточено 41,6 % всей площади оленеводческих пастбищ страны, основные расположены в полосе мохово-лишайниковых и кустарниковых тундр.

Важное значение приобретает развитие земледелия в тундре. В субарктической зоне кроме выращивания овощей в теплицах и парниках возможно получение в открытом грунте таких сельскохозяйственных культур, как картофель, капуста, лук, морковь, кормовые корнеплоды. Здесь также перспективен посев трав, обогащенных бобовыми культурами, для нужд молочного животноводства. Требуется подбирать раннеспелые и морозоустойчивые сорта растений.

Основным направлением в улучшении свойств тундровых почв должно быть усиление биохимических процессов, улучшение аэрации и теплового режима, внесение высоких доз азотных и фосфорных удобрений. Фосфор в тундровые почвы поступает медленнее, чем другие элементы, и связывается в труднодоступные формы подвижными соединениями железа и алюминия, поэтому дозы фосфора, вносимые в северные почвы, должны быть в два-три раза выше. В условиях тундры лучше усваивается аммиачный азот, в связи с этим, необходимо использовать удобрения с аммиачными формами азота в повышенных дозах. Высокоэффективно применение больших доз органических удобрений.

Подтип арктотундровых почв распространен в северной части субарктической зоны под осоково-разнотравной растительностью с участием полярной ивы. На пониженных участках и территориях со слабым дренажем развивается мохово-осоковая растительность. Оголенные пятна вымораживания на повышенных имеют подчиненное значение. Среди тундровых арктических почв преобладают суглинистые варианты.

Для морфологического строения характерно наличие моховой дернины, перегнойного горизонта, голубовато-сизого глеевого и бурого надмерзлотного. Почвы очень маломощны, в них наблюдаются морозная трещиноватость и отсутствие тиксотропии. В почвах на востоке тундры присутствует гумусовый горизонт, залегающий под подстилкой, характеризующийся большей минеральностью и диспергированностью пропитывающего его органического вещества.

В верхних слоях почв содержится значительное количество гумуса (3...7 %). Оглеенные горизонты обеднены органическим веществом, но над мерзлотой находится, так называемый, задержанный (ретинизированный) гумус. Реакция почв слабокислая (рН — 5,5), наиболее низкая кислотность в глеевом горизонте. Сумма поглощенных оснований достигает 20 мг-экв./100 г почвы, степень насыщенности основаниями почвенного поглощающего комплекса — 60...80 %, самая большая в перегнойном (гумусовый) горизонте. Содержание подвижного железа обнаруживает два максимума — в поверхностном и надмерзлотном горизонтах. Такое же распределение имеют кальций и магний. Количество алюминия относительно стабильно по всему профилю почвы.

Во влажных океанических провинциях восточно-европейских и Чукотско-Анадырских тундр разложение растительного опада происходит в условиях повышенного увлажнения, что способствует образованию торфянистых и торфянисто-перегнойных горизонтов мощностью 10...20 см, выделяются тундровые глеевые типичные торфянистые и торфянисто-перегнойные почвы. Для европейских тундр характерно сильное оглеение профиля и преобладание поверхностного оглеения, наличие тиксотропного горизонта. В Коль-

ской провинции тундровые глеевые типичные почвы встречаются редко.

В континентальных тундрах (Северо-Сибирская провинция) разложение растительного опада идет быстрее, в теплый период на фоне аэробных условий формируются гумусовые, перегнойно-гумусовые или перегнойные горизонты. В перегнойных тундровых глеевых почвах органогенный горизонт имеет большую мощность, буроватую или буровато-коричневую окраску, грубогумусный состав. В гумусных тундровых глеевых почвах, распространенных преимущественно в тундрах Восточной Сибири, под слоем подстилки залегает хорошо развитый гумусовый горизонт с высокой степенью разложения органического вещества.

Для тундровых глеевых типичных почв характерны глубокое пропитывание гумусом всего профиля и накопление его в надмерзлотном слое, низкая скорость минерализации (разложение) органического вещества и большая поглощательная способность перегноя. Высокое содержание обменных оснований в верхних горизонтах обусловлено биологическим накоплением их в результате минерализации растительных остатков. Количество поглощенных катионов в минеральных горизонтах сокращается, но продолжает оставаться высоким (14...17 мг-экв./100 г почвы). Степень насыщенности основаниями достигает 80...90 % в нижних горизонтах, верхних – 60...70 %. Реакция органогенных горизонтов слабокислая или нейтральная, минеральных – кислая.

В океанических провинциях южной тундры и лесотундры (Кольская, Чукотско-Анадырская) поступление большого количества растительного опада (по сравнению с северными подзонами) и сильное переувлажнение способствуют образованию торфянистых и торфяных горизонтов мощностью 20...30 см. В континентальных тундрах формируются гумусовые и перегнойные горизонты. По степени разложенности органического вещества выделяют промежуточные органогенные горизонты тундровых глеевых оподзоленных почв: торфянисто-перегнойные и перегнойно-гумусовые.

Тундровые глеевые оподзоленные почвы отличаются от типичных тундровых глеевых более кислой реакцией (рН – 4,5...5,5), повышенной гидролитической кислотностью органогенных горизонтов, заметной дифференциацией химических элементов и илстой фракцией. Содержание гумуса – 1...5 %, на глубине 70 см его количество доходит до 1 %. Сумма обменных катионов обычно составляет 10...20 мг-экв./100 г почвы. Степень насыщенности основаниями – 30...70 %.

Тип тундровых неглеевых (иллювиально-гумусовые) почв распространен по всей субарктической зоне, сильнее в континентальных провинциях арктической и типичной тундры, лесотундры. Такие почвы развиваются на хорошо дренированных супесчано-щебнистых отложениях и породах легкого механического состава. Песчаные и супесчаные почвы оттаивают на большую глубину, по сравнению с суглинистыми и глинистыми, обладают хорошей водопроницаемостью, что способствует лучшей аэрации и создает условия для вымывания и выщелачивания.

По содержанию гумуса и степени его разложенности органогенные горизонты тундровых неглеевых почв разделяют на торфянистые (содержание органического вещества – 50...60 %), торфянисто-пере-

гнойные и перегнойные (20...40 %), грубогумусовые горизонты (гумус – 6...15 %). В континентальных провинциях тундровых почв с более разложившимся растительным покровом развиваются преимущественно перегнойные и гумусовые горизонты, в океанических (западные и восточные) – торфянистые органогенные. Для всех почв характерно преобладание фульвокислот над гуминовыми. На глубине 50 см содержание гумуса доходит до 4 %, в иллювиально-гумусовом горизонте – 8 %.

Почвы имеют кислую и сильнокислую реакцию верхних органогенных горизонтов, рН – 4,0, нижних – 5,0...5,3. Содержание поглощенных катионов в верхних горизонтах сильно варьирует в зависимости от количества органического вещества, нижних – убывает до 5...10 мг-экв./100 г почвы. Гидролитическая и обменная кислотность высокая (в верхних горизонтах – 40 мг-экв./100 г почвы).

Основная форма сельскохозяйственного использования тундры – оленеводство. Тундровые неглеевые почвы в южных подзонах при проведении соответствующих агротехнических мероприятий (внесение органических и минеральных удобрений) могут быть перспективными для развития овощеводства. В этой зоне возможно формирование сенокосов и культурных пастбищ на основе использования злаково-бобовых смесей. Тундровые иллювиально-гумусовые неглеевые почвы лучше прогреваются, оттаивают на большую глубину и при достаточном внесении удобрений способны давать высокий урожай кормовых трав.

Подтип тундровых иллювиально-мало-гумусовых почв имеет грубогумусовый состав органогенного горизонта (4...5 %), небольшое содержание гумуса в иллювиальном горизонте (1...2 %), кислую реакцию верхней части профиля и слабокислую или нейтральную нижних его слоев, слабую насыщенность почвенного поглощающего комплекса.

Подтип тундровых иллювиально-гумусовых почв формируется в основном на повышенных, хорошо дренированных территориях южной подзоны тундры, также встречается в других районах под мохово-лишайниково-кустарничковым растительным покровом. Для него характерны высокое содержание гумуса в иллювиальном горизонте и глубокое его проникновение в толщу почвы, кислая реакция верхней и средней части профиля, слабая насыщенность основаниями верхних горизонтов, иногда и всего профиля.

Подтип тундровых иллювиально-гумусовых оподзоленных почв встречается в южной подзоне тундры и лесотундре на различных по составу массивно-кристаллических и рыхлых породах.

Содержание гумуса в оподзоленных иллювиально-гумусовых почвах не превышает 6...7 %. Реакция верхних горизонтов и всего профиля сильнокислая и кислая. Гидролитическая кислотность высокая. Степень насыщенности основаниями – 20...70 %. Для этих почв характерны высокое содержание вымытого гумуса в почвенной толще, глубокое его проникновение в форме органо-минеральных соединений и выраженные морфологические и химические признаки оподзоленности.

Болотные почвы широко распространены в тундровой зоне и занимают обширные выровненные понижения, плоские участки, а также небольшие по-

нижения микрорельефа, где постоянное избыточное увлажнение создает условия для накопления значительного количества плохо разложившихся органических остатков. Наиболее распространенные виды растений, под которыми образуются болотные почвы – осоки и гипновые мхи.

Из-за неглубокого оттаивания торфяных почв (30...80 см), тяжелого механического состава почвообразующих пород (суглинки, глина), постоянного переувлажнения почв и отсутствия периодов окисления минеральных горизонтов процессы оглеения в тундровых болотных почвах ярко выражены. Почвы представлены низинными, мало- и среднемощными торфяниками.

Если в арктической тундре болотные почвы характеризуются малой мощностью торфяного слоя (20...35 см), то по мере продвижения на юг мощность торфяных горизонтов увеличивается, достигая на южной границе зоны глубины 1...2 м. Торфяные горизонты тундровых болотных почв имеют низкую зольность, кислую реакцию, высокую гидролитическую кислотность, содержат значительное количество подвижного калия и железа, немного поглощенных оснований.

Для всех компонентов северной природы характерны большая ранимость и очень медленные темпы восстановления. Разрушенный почвенно-растительный покров тундры, даже при благоприятных условиях, восстанавливается десятки лет.

Разработанный в Российской Федерации нацпроект «Экология» реализуется по пяти основным направлениям и включает в себя национальные цели и стратегические задачи экологического развития России до 2024 года. Он учитывает, что 2/3 площади России относится к криолитозоне, при этом к области сплошного распространения многолетнемерзлых пород – около 49 %, прерывистой мерзлоты – 22, массивно-островной – 17, развития островной мерзлоты – 12 %. Это сильно влияет на отрасли растениеводства и кормопроизводства АПК России. Наблюдения показывают, что устойчивость экосистем прямо пропорциональна фитомассе (общий вес на единицу площади и ежегодный прирост) и обратно пропорциональна наличию подземных льдов. В арктической тундре общая фитомасса колеблется от 5 ц/га на повышенных участках рельефа с господством пятнистых тундр до 20 ц/га в понижениях (прирост – 0,5...7,0 ц/га). По мере движения к югу фитомасса возрастает, одновременно увеличивается устойчивость экосистем. [3]

На примере Республики Саха (Якутия) можно увидеть реализацию потенциала успешного развития аграрной отрасли. Здесь накоплен уникальный опыт ведения сельского хозяйства в экстремальных природно-климатических условиях. На вечной мерзлоте в зоне рискованного земледелия выращивают урожай зерновых, картофеля, овощей. Для развития собственной зерновой базы создана сеть зерноводческих хозяйств. [5]

Территория вечной мерзлоты – главное захоронение углекислого газа. Концентрация  $\text{CO}_2$  в атмосфере возросла, по сравнению с преиндустриальным уровнем, с 280 до 387 мг/м<sup>2</sup>.

Выпадение тяжелых металлов из атмосферы в Арктике: свинец – 2,2 т/год, кадмий – 0,87, ртуть – 19,4 т/год. Эти показатели в Антарктиде значительно меньше: 0,38, 0,016 и 0,1 соответственно.

Вовлечение северных территорий в сельхозоборот требует особого подхода и должно сопровождаться специально разработанными эколого-адаптированными технологиями, основанными на изучении и использовании компонентов сложившихся экосистем различного уровня.

В структуре посевных площадей нужны культуры не только экономически значимые для региона, но и благоприятно влияющие на сложившуюся экосистему. Например, в районах техногенного загрязнения почв необходимо высевать растения для фиторемедиации почв (от свинца – капуста абиссинская, горчица, рапс, подсолнечник, горох, от кадмия – горчица и другие виды капустных растений). [2]

Вследствие загрязнения агроценозов пестицидами и существенного нарушения защитных реакций биосистем актуальны исследования, направленные на повышение неспецифической устойчивости растений к биотическим и абиотическим стрессам с использованием естественных механизмов.

Потепление климата в арктической тундре приводит к изменениям популяций растительности, почвенной микробиоты, режимов оттаивания, характеристик потоков углерода между экосистемой и атмосферой. В исследовании, проводимом финскими и российскими учеными, потоков  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$ , состава растительности и индекса листовой поверхности (LAI), глубины протаивания и влажности почвы на станции Тикси, в камерных измерениях, был определен обмен  $\text{CO}_2$  и валовой фотосинтез экосистем в течение вегетационного периода. Среди типов растительного покрова, варьирующих от бесплодной до кустарничковой тундры и тундровых водно-болотных угодий, плотность потока фотосинтетически активных фотонов была наибольшей в районах с преобладанием лугов и болот. Сухая тундра, в том числе кустарничковая и лишайниковая, имела меньшую скорость обмена  $\text{CO}_2$ . На болотах обнаружили максимальные потоки  $\text{CH}_4$ , сухая тундра, напротив, потребляла атмосферный  $\text{CH}_4$  (9 % общего баланса за вегетацию).

Таким образом, для построения эффективных моделей потоков  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$  необходимо различать типы растительного покрова, включая районы сухой тундры. [10]

Исследования китайских ученых в течение 18 лет по влиянию типов почв на потоки климатически активных газов ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  и  $\text{CO}_2$ ) в континентальных субтропических областях показали, что скорость поглощения  $\text{CH}_4$  и  $\text{CO}_2$  на плантациях масличных культур была выше, чем на участках цитрусового сада, в основном из-за высокой температуры почвы. Но цитрусовые сады характеризовались более высокими годовыми выбросами  $\text{N}_2\text{O}$ , чем плантации масличных культур. Постоянное увеличение количества удобрений в модифицированных субтропических регионах приводило к большим выбросам  $\text{N}_2\text{O}$ . [11]

На северных территориях Российской Федерации управление интенсивностью продуктивности агробиоценозов ограничивается эдафическими факторами и необходимостью сохранения экологического баланса. На селитебных территориях северных регионов необходимо широкое распространение сверхинтенсивного роботизированного растениеводства, при котором исчезнет зависимость урожая от погодных условий и потребность в больших площадях сельхозугодий, что

позволит поднять динамику обеспечения продовольственной безопасности человечества на принципиально новый уровень. [4]

Академическим сообществом Российской Федерации при поддержке Комитета Государственной Думы по развитию Дальнего Востока и Арктики разработана концепция метацентрического подхода к развитию сельских территорий Субарктического пояса РФ, северных регионов Сибири и Дальнего Востока, которая позволяет при сохранении экономической самостоятельности каждого региона в отдельности из-за плавного смещения центра нагрузки на отрасль, обеспечивать стабильность и положительную динамику роста всей системы.

Безопасность развития аграрного сектора экономики в Субарктическом регионе для эндемичной флоры и фауны исторически сложившихся биоценозов будет обеспечена с помощью биологизированных агротехнологий, основанных на применении биоудобрений, биологических средств защиты, сортов и гибридов сельскохозяйственных растений с комплексной устойчивостью к вредителям и болезням. Для этого понадобится не только развитие селекции сельскохозяйственных растений с необходимыми признаками для северных территорий страны, но и селекция фитофагов, энтомофагов, микроорганизмов с высокой антибиотической активностью.

Заселение территории Субарктического климатического пояса позволит обеспечить безопасность северных границ Российской Федерации. По данным российского экспертного академического сообщества протяженность материкового побережья за полярным кругом России – 22 600 км, США – 3 172, Канады – 5 363, Норвегии – 1 609, Дании – 5 958 км. Если сопоставить площади арктического сектора, то российская часть составляет 9,3 млн км<sup>2</sup> (44 %). Некоторые субъекты северных территорий Российской Федерации уже имеют высокие показатели самообеспечения растениеводческой продукцией (картофель, другие овощи) по отношению к рекомендуемым нормам питания (Камчатский край – 93,0 и 31,7 %, Магаданская обл. – 63,1 и 20,3, Республика Саха (Якутия) – 48,1 и 22,2, Мурманская обл. – 7,8 и 0,6 % соответственно). [6, 7]

Междисциплинарный подход к изучению взаимного влияния производственных и социально-экономических факторов на развитие аграрной отрасли экономики северных регионов Российской Федерации позволяет разработать устойчивую модель комплексного развития Субарктического пояса, северных регионов Сибири и Дальнего Востока на основе самообеспечения и реализации стратегических целей развития Арктической зоны РФ по внедрению специального экономического режима, способствующего переходу к экономике замкнутого цикла, созданию новых и модернизации действующих промышленных производств.

**Выводы.** Реализация концепции Метацентрического подхода к развитию сельских территорий Субарктического пояса Российской Федерации, северных регионов Сибири и Дальнего Востока позволит создать устойчивую систему рационального и эффективного ведения сельскохозяйственного производства, обеспечить стабильный рост объемов продукции АПК и развитие сельских территорий на основе

высокотехнологического обеспечения традиционных видов деятельности.

Ожидаются следующие результаты. *В научной сфере:* разработка рекомендаций по сохранению биоресурсного потенциала эндемичных биоценозов; эколого-географическое испытание перспективных биотипов генетических ресурсов; увеличение биоразнообразия природных экосистем вследствие акклиматизации и адаптации интродуцентов; разработка механизма технологического обеспечения деятельности АПК на основе местных природных ресурсов.

*В производственной сфере:* обеспечение стабильной работы агробиоценозов биологизированными и природоподобными технологиями; создание и регистрация новых селекционных достижений; организация механизма инкорпорации интродуцентов в систему производства продукции АПК; разработка кластерной системы производства, переработки, реализации продукции АПК; выпуск органической продукции для внутреннего рынка и экспорта.

*В энергетической сфере:* использование возобновляемых (ветрогенераторы, солнечные батареи, геотермальные источники) и местных (попутный газ, нефтепродукты в местах добычи) источников энергии для сооружений защищенного грунта.

*В социальной сфере:* создание новых рабочих мест и закрепление населения на территориях; развитие объектов культурной среды, досуговых центров, объектов здравоохранения, бытовых услуг.

*В образовательной сфере:* разработка программ профессиональной ориентации школьников; развитие сети дополнительного образования, консалтинговых центров; создание школ традиционных народных промыслов; разработка новых трендов для местной продукции с географическими названиями.

*В транспортно-логистической сфере:* снижение зависимости рынка продовольствия и товаров широкого потребления от завоза и постепенный переход на самообеспечение; интеграция специализированных видов деятельности по территориально-географическому признаку в единую самодостаточную систему с минимальным удалением от центров производства, переработки, складирования; развитие сети объектов длительного хранения страховых и резервных фондов сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с использованием естественных криогенных хранилищ.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Абрамов Р.А. Особенности развития северных регионов России // Приоритеты России. 2008. № 11 (68). С. 15–21.
2. Голубкина Н.А. и др. Глобальный экологический кризис. Проблемы и решения // М.: ВНИИССОК, 2013. 212 с.
3. Ключев В.А. Фитотоксичность почв Арктики // Молодой ученый. 2019. № 50 (288). С. 70–72.
4. Кузьминов И., Киселева Л., Соколова А. и др. Рациональное природопользование. Сельское хозяйство перемещается в небоскребы / Глобальные технологические тренды // Трендлеттер 2015. № 9. URL: [https://media.rbcn.ru/media/reports/Trendletter9\\_15.pdf](https://media.rbcn.ru/media/reports/Trendletter9_15.pdf)
5. Лукинов А.И., Мьяриянова Э.Т. Республика Саха. 2014: (фотоальбом). Якутск: Бичик, 2015. 240 с.
6. Научно-технические проблемы освоения Арктики. М.: Издательство «Наука», 2015. 490 с.
7. Новичков Н.В., Новиков В.Г. О роли местных сообществ в обеспечении продовольственной безопасности и аграр-

- ного развития в условиях санкционного давления // Экономика, труд и управление в сельском хозяйстве. 2023. № 6. С. 87–97.
8. Указ Президента Российской Федерации от 05.03.2020 № 164 «Об Основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года» // СПС Консультант Плюс – URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_347129](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_347129)
  9. Указ Президента Российской Федерации от 26.10.2020 № 645. «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года» // СПС Консультант Плюс. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_366065](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_366065)
  10. Wangari E.G., Mwanake R.M., Kraus D. et al. Number of Chamber Measurement Locations for Accurate Quantification of Landscape-Scale Greenhouse Gas Fluxes: Importance of Land Use, Seasonality, and Greenhouse Gas Type// Journal of Geophysical Research-Biogeosciences. 2022. Vol. 127. URL: <https://doi.org/10.1029/2022JG006901>
  11. Yang X., Hou H., Xu Yu. et al. Divergent pattern of soil CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O emissions in 18-year citrus orchard and *Camellia oleifera* plantations converted from natural shrub forests // Applied Soil Ecology. 2022. Vol. 175. URL: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2022.104447>
  4. Kuz'minov I., Kiseleva L., Sokolova A. i dr. Racional'noe prirodopol'zovanie. Sel'skoe hozyajstvo peremeshchaetsya v neboskreby / Global'nye tekhnologicheskie trendy // Trendletter 2015. № 9. URL: [https://media.rbc.ru/media/reports/Trendletter9\\_15.pdf](https://media.rbc.ru/media/reports/Trendletter9_15.pdf)
  5. Lukinov A.I., Myarikyanova E.T. Respublika Saha. 2014: (fotoal'bom). Yakutsk: Bichik, 2015. 240 s.
  6. Nauchno-tekhnicheskie problemy osvoeniya Arktiki. M.: Izdatel'stvo «Nauka», 2015. 490 s.
  7. Novichkov N.V., Novikov V.G. O roli mestnyh soobshchestv v obespechenii prodoval'stvennoj bezopasnosti i agrarnogo razvitiya v usloviyah sankcionnogo davleniya // Ekonomika, trud i upravlenie v sel'skom hozyajstve. 2023. № 6. С. 87–97.
  8. Ukaz Prezidenta Rossijskoj Federacii ot 05.03.2020 № 164 «Ob Osnovah gosudarstvennoj politiki Rossijskoj Federacii v Arktike na period do 2035 goda» // SPS Konsul'tant Plyus – URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_347129/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_347129/)
  9. Ukaz Prezidenta Rossijskoj Federacii ot 26.10.2020 № 645. «O Ctrategii razvitiya Arkticheskoy zony Rossijskoj Federacii i obespecheniya nacional'noj bezopasnosti na period do 2035 goda» // SPS Konsul'tant Plyus. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_366065/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_366065/)
  10. Wangari E.G., Mwanake R.M., Kraus D. et al. Number of Chamber Measurement Locations for Accurate Quantification of Landscape-Scale Greenhouse Gas Fluxes: Importance of Land Use, Seasonality, and Greenhouse Gas Type// Journal of Geophysical Research-Biogeosciences. 2022. Vol. 127. URL: <https://doi.org/10.1029/2022JG006901>
  11. Yang X., Hou H., Xu Yu. et al. Divergent pattern of soil CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O emissions in 18-year citrus orchard and *Camellia oleifera* plantations converted from natural shrub forests // Applied Soil Ecology. 2022. Vol. 175. URL: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2022.104447>

#### REFERENCES

1. Abramov R.A. Osobennosti razvitiya severnyh regionov Rossii // Prioritety Rossii. 2008. № 11 (68). S. 15–21.
2. Golubkina N.A. i dr. Global'nyj ekologicheskij krizis. Problemy i resheniya // M.: VNISSOK, 2013. 212 s.
3. Klochev V.A. Fitotoksichnost' pochv Arktiki // Molodoy uchenyj. 2019. № 50 (288). S. 70–72.

Поступила в редакцию 22.07.2023  
Принята к публикации 05.08.2023