



Факультет географии
и геоинформационных
технологий

Руководство по адаптации к изменениям климата

г. Москва
2026

Авторы:
Белов Е.И., Анискина Т.А.



Содержание

Введение	3
1. Тезаурус	7
2. Систематизация типовых проектов, определение критериев их выбора	13
3. Методология выбора проектов адаптации к изменениям климата	18
4. Рекомендации для органов власти, коммерческих и некоммерческих организаций	21
5. Каталог решений	24
5.1. Системы мониторинга	24
5.2. Новые материалы и конструкции.....	34
5.3. Обеспечение безопасности жизнедеятельности и производства	55
5.4. Энергетика.....	68
5.5. Сельское хозяйство	74
5.6. Лесное хозяйство	99

Введение

Многочисленные фундаментальные исследования и работы по мониторингу физических, химических, экологических параметров окружающей среды — атмосферы, вод Мирового океана, почв, растительности — ясно показывают, что в настоящее время происходят значительные изменения глобальной климатической системы. Масштабы этих изменений не знают аналогов в истории человечества: их скорость беспрецедентна, как и количество людей, испытывающих на себе их воздействие. Кроме того, наблюдаемые изменения невозможно объяснить только естественными причинами. Влияние человека на динамику состояния глобальной климатической системы в настоящее время считается доказанным.

Современные климатические модели показывают: глобальная температура будет расти, как и число опасных гидрометеорологических явлений. Сельское и лесное хозяйство, энергетика, добыча полезных ископаемых, функционирование транспорта — все эти и многие иные отрасли все чаще сталкиваются со случаями реализации климатических рисков. Как результат — ущербы, исчисляемые десятками триллионов рублей по всему земному шару. Снижение продуктивности сельскохозяйственных угодий, гибель лесов, пересыхание рек, разрушение зданий и сооружений, заметное ухудшение условий труда и бытовой деятельности — все это мы можем увидеть уже сегодня в любом климатическом поясе и на любом континенте. И кажется, что новые выгоды от изменения климата не служат полной компенсацией наблюдаемых и ожидаемых ущербов и проблем. Кроме того, конечное звено длинных причинно-следственных связей и цепочек нередко прямо указывает не просто на угрозу для людей, а на причины возможных трудноразрешимых конфликтов: борьба за водные и продовольственные ресурсы будет обостряться, причем в первую очередь в тех странах, где, с одной стороны, эти проблемы не решены в настоящее время, а с другой — уже существуют многочисленные реализуемые сценарии внутренних и внешних столкновений. Явно обострится борьба за энергетические ресурсы, рост стоимости которых может негативно сказаться на благосостоянии миллиардов людей; возрастет стоимость транспортных услуг; скорее будет деградировать жилищная, коммунальная, социальная, коммерческая инфраструктура, при этом труднее будет даваться ее замена. Таким образом, под вопросом оказываются многие цели устойчивого развития, к достижению которых призывают Организация Объединенных Наций (ООН) и многие национальные правительства.

«Что же делать?» — таким вопросом не просто задается человечество, а пытается найти на него конструктивный, содержательный, научно обоснованный ответ. Сегодня все предпринимаемые и планируемые усилия можно разбить на две больших группы: действия в области митигации (сокращения выбросов парниковых газов) и действия в области адаптации к изменению климата. Совокупность этих усилий и образует цель устойчивого развития ООН № 13: «Принятие срочных мер по борьбе с изменением климата и его последствиями». При этом на цели митигации — порой чрезмерно амбициозные или даже не вполне обоснованные — сегодня мировым сообществом тратитсякратно больше

денежных средств, чем на цели адаптации. На эту диспропорцию уже обращают внимание не только эксперты-ученые, но и политики, предприниматели, общественные деятели. Анализ подобного положения дел требует отдельного освещения. Но следует заметить, что такая ситуация в некоторой мере связана с тем, что не всегда просто дать точное определение адаптации и ее подробно описать. Известна следующая формулировка Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК):

«Адаптация к изменению климата — это процесс приспособления природных и антропогенных систем в ответ на фактическое или ожидаемое воздействие изменения климата или его последствий, которое позволяет снизить вред или использовать благоприятные возможности»

Кроме того, МГЭИК говорит об «интегрированных, межотраслевых решениях, направленных на устранение социального неравенства, на дифференцирование ответов на климатические риски и охват этими решениями разных систем». Очень близко к приведенному и определение из отечественного ГОСТ-Р 70529-2022 «Адаптация к изменениям климата. Руководящие указания по привлечению заинтересованных сторон в процессы принятия решений, связанных с изменением климата»: «Процесс приспособления к фактическому или прогнозируемому климату и его последствиям с целью уменьшения их вредного воздействия или же с целью использования возникающих благоприятных возможностей».

Данные выше формулировки содержат прямое указание на продолжительный характер адаптации. Это действительно в первую очередь процесс — причем непрерывный, зачастую необычайно растянутый. Он может сопровождаться как реализацией крупных проектов или резкой трансформацией хозяйственного уклада, так и незначительными, постепенными изменениями операционной деятельности на уровне отдельного взятого домохозяйства, фирмы, административно-территориальной единицы. Иногда эти изменения столь естественны, что даже их инициаторы говорят не только и не столько об адаптации, сколько о повышении эффективности коммерческой деятельности, охране труда, обеспечении промышленной безопасности, охране окружающей среды, сохранении уклада, культуры и быта традиционных обществ и пр. Однако эти изменения бывают настолько принципиальными, что мы отмечаем изменение опорного каркаса расселения или структуры экономики.

Далее на страницах предлагаемого пособия каждый читатель сможет убедиться в том, что решения по адаптации, направленные как на снижение подверженности или уязвимости, так и на использование новых климатообусловленных возможностей, существуют в самых разных секторах экономики и нередко отвечают не только на климатические вызовы. Отсюда характерное для нормативно-правовых актов разных стран перечисление климатических опасностей через запятую со многими другими природными рисками (например, сейсмическими, вулканическими, биологическими); отсюда распространенность практики сопряжения управления климатическими рисками с профессиональными или

экономическими в корпоративной практике; и, наконец, отсюда нередкое объединение климатических и экологических проблем, иногда — с чрезмерным и даже некорректным указанием причинно-следственных связей.

Не всегда легко выбрать правильное решение для успешной адаптации: краткосрочные выгоды могут казаться привлекательными, но уменьшаться на средней и тем более долгой дистанции. Кроме того, существенно усложняет выбор подходящих адаптационных решений объективная недостаточность климатической и отраслевой информации, нехватка кадров, дефицит финансирования — это отмечают даже исследователи и управленцы в развитых странах. Кроме того, решения, подходы, механизмы, зарекомендовавшие себя как эффективные в одном месте, могут оказаться недостаточными или даже неприменимыми в другом — в силу физико-географических, нормативных, культурных особенностей (не говоря даже о технологических ограничениях в условиях недобросовестной конкуренции или санкций). Практика управления климатическими рисками знает достаточно примеров подобной неудачной, ошибочной адаптации (*maladaptation*). Существенно, хотя и не до нуля, снизить риски ошибочной адаптации могут различные действия, в числе которых:

- учет мнений как можно большего числа заинтересованных сторон, в том числе местных жителей, предпринимателей, экспертов;
- активное вовлечение представителей научного, инженерно-технического, социально-гуманитарного сообщества;
- изучение опыта, накопленного в других локациях и организациях;
- использование сценарного подхода и различных инструментов приоритизации проектов.

Собирая варианты предупреждения или минимизации негативного воздействия различных климатических риск-факторов, рассматриваемых в отечественных документах по адаптации к изменениям климата и управлению климатическими рисками, мы старались представить как и узкопрофильные технологии, так и такие решения, эффект от которых выходит далеко за рамки собственно адаптационной проблематики.

1.

Тезаурус



1. Тезаурус

Климат — статистическое описание погоды с помощью усредненных климатических показателей и их соответствующей изменчивости на временных интервалах от нескольких месяцев до нескольких тысяч или даже миллионов лет. Среди основных климатических показателей — температура воздуха, количество выпадающих за год осадков, скорость и направление ветра, облачность, влажность.

Важно: не следует путать климат с погодой. Последнюю обычно определяют как физическое состояние атмосферы или совокупность значенй метеорологических параметров и явлений, оказывающих существенное влияние на жизнь и деятельность людей, в определенный момент времени и выбранной точке пространства

Климат непрерывно воздействует на хозяйственные и природные системы. Термин «воздействие» применяется в первую очередь для указания влияния экстремальных погодных и климатических явлений (или изменения климата)

на природные или антропогенные системы. Воздействия обычно относятся к влиянию на живые организмы, средства существования, здоровье, экосистему, экономику, общество в целом, культуру, возможность получения необходимых благ и инфраструктуру вследствие изменения климата и опасных климатических явлений, происходящих в некоторый момент времени, а также к уязвимости общества или системы.

Физический климатический (климатообусловленный) риск — потенциальная возможность возникновения негативных последствий, обусловленных изменением климата, которая отражает связь между степенью уязвимости к подобному изменению, воздействием и опасностью. Традиционно выделяют хронические и острые климатические риски: первые приурочены к долговременным (необратимым) изменениям окружающей среды, вторые — к конкретным природным явлениям (как правило, опасным).

Выделяют такие компоненты физического климатического риска, как опасность, подверженность и уязвимость. **Опасность** — фактическая интенсивность событий и процессов, вызванных изменениями климата. **Подверженность** — фактическое нахождение некоего объекта в области потенциального негативного воздействия климатической опасности (в том числе с учетом времени этого воздействия). **Уязвимость** — свойство некоего объекта реагировать на негативное воздействие климатической опасности.

Существует также представление риска как влияние неопределенности — состояния полного или частичного отсутствия информации, связанной с пониманием или знанием события, его последствий или вероятности.

Наряду с **физическими климатическими рисками** нередко выделяют **климатические возможности**, связанные с положительными последствиями, обусловленными изменениями климата. Как климатические риски, так и климатические возможности могут быть идентифицированы в различных регионах и отраслях народного хозяйства.

Не следует путать физические и переходные климатические риски: последние представляют собой риски, связанные с переходом к низкоуглеродной экономике, в том числе с мерами, принимаемыми правительствами и органами регулирования, направленными на предотвращение климатических изменений.

Климатический риск-фактор — природное явление или долговременное климатическое (климатообусловленное) изменение окружающей среды, порождающее климатический(–е) риск(–и).

Важно: иногда в литературе и нормативно-правовых актах смешивают понятия «риск» и «риск-фактор». Кроме того, можно встретить понятие «факторы риска», эквивалентное указанным выше компонентам риска: опасности, подверженности, уязвимости

Адаптация к изменению климата — это набор действий, предполагающих приспособление природных и антропогенных систем в ответ на фактическое или ожидаемое воздействие изменений климата или его последствий, которое позволяет снизить вред или использовать благоприятные возможности.

Адаптация может представлять собой как ограниченный набор проектов, реализация которых ограничена во времени и пространстве, так и множество различных видов операционной деятельности, предполагающих уменьшение опасности и/или подверженности и/или уязвимости объекта(–ов).

Адаптация к изменениям климата на государственном уровне — это система мер политического, законодательного, нормативно-правового, экономического, социального характера, осуществляемых органами исполнительной власти. Эти меры направлены на:

- уменьшение уязвимости системы обеспечения национальной безопасности страны, субъектов экономики и граждан к последствиям изменений климата на планете,

на территории РФ, на территориях соседних государств и на прилегающих к ним акваториях Мирового океана;

- на использование благоприятных возможностей, обусловленных указанными изменениями.

Важно: адаптировать можно как антропогенные, так и природные (естественные экологические) системы. В антропогенных системах адаптация направлена на смягчение или предотвращение вреда или использование благоприятных возможностей. В естественных экологических системах участие человека может способствовать приспособлению к ожидаемому изменению климата и к его воздействиям

Адаптация к изменениям климата может выражаться как в виде реагирования на неблагоприятные погодные условия, так и в качестве заблаговременной подготовки к прогнозируемым экстремальным климатическим явлениям и ожидаемым долгосрочным изменениям климата.

Существует несколько документов, регламентирующих порядок идентификации, оценки, управления климатическими рисками и адаптацией к изменениям климата. В их числе:

- ГОСТ Р ИСО 14090–2019 «Адаптация к изменениям климата. Принципы, требования и руководящие указания»;
- ГОСТ Р ИСО 14091–2022 «Адаптация к изменениям климата. Руководящие указания по оценке уязвимостей, воздействия и риска»;
- ГОСТ Р 70529–2022 «Адаптация к изменениям климата. Руководящие указания по привлечению заинтересованных сторон в процессы принятия решений, связанных с изменением климата»;
- ГОСТ Р 70935–2023 «Адаптация к изменениям климата. Руководящие указания по стратегическому планированию устойчивости к изменениям климата»;
- ГОСТ Р 71785–2024 «Экологический менеджмент. Оценка климатической результативности».

Важно: в настоящее время в России не существует строго определения и таксономии проектов адаптации к изменениям климата. В то же время такими проектами или по меньшей мере проектами с адаптационной компонентой можно считать многие проекты устойчивого развития. Предлагаемые ранее в рамках Постановления Правительства РФ от 21 сентября 2021 г. № 1587 (ред. от 30 декабря 2023 г.) «Об утверждении критериев проектов устойчивого (в том числе

В то же время существует множество иных нормативно-правовых документов, касающихся вопросов воздействия климатических факторов (ГОСТ 15150-69 «Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования

зеленого) развития в Российской Федерации и требований к системе верификации инструментов финансирования устойчивого развития в Российской Федерации» «адаптационные проекты» не имели прямого отношения к проблематике адаптации к изменениям климата (хотя некоторые из них действительно были проектами в области адаптации). Проведенная в 2025 г. законодательная деятельность по устранению из нормативно-правовых актов этих «омонимов» завершилась утверждением термина «переходный проект»¹

в части воздействия климатических факторов внешней среды», многочисленные строительные нормы и правила, санитарные правила и нормы и пр.). Кроме того, с 2024 г. начата деятельность по разработке методических рекомендации по вопросам адаптации отдельных отраслей промышленности (в частности, подготовлены стандарты для алюминиевой и целлюлозно-бумажной промышленности).

Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) предлагает несколько терминов, связанных с адаптацией. В их числе:

1. Адаптивная способность — способность систем, учреждений, людей и других живых существ приспосабливаться к потенциальному ущербу от изменения климата, реагировать на его последствия, использовать благоприятные возможности, связанные с его изменением.
2. Устойчивость к изменению климата — способность социальных, экономических и экологических систем справляться с опасным событием, тенденцией или нарушением, реагируя на них или перестраиваясь таким образом, чтобы сохранять свою основную функцию, уникальность и структуру, при этом одновременно сохраняя потенциал к адаптации, обучению и преобразованию.

Управление физическим климатическим риском — основанная на оценке риска целенаправленная деятельность по реализации наилучшего из возможных способов уменьшения рисков до уровня, который участники процесса управления рисками считают приемлемым при заданных ограничениях на ресурсы и время.

При управлении физическими климатическими рисками уместно использование одной из четырех основных стратегий управления рисками (или их комбинация):

- снижение риска;
- избегание риска;

¹Постановление Правительства РФ от 14 октября 2025 г. № 1586 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации».

- передача риска;
- принятие риска.

При управлении рисками обычно выделяют владельца риска — лицо или группу лиц, на хозяйственные цели которого риск оказывает прямое влияние. Часто именно владелец отвечает за надзор за этим риском и осуществляет мероприятия по адаптации.

Управление климатическими рисками с точки зрения методологии обычно описывается в стандартах по управлению рисками, с точки зрения практической реализации — в дорожных картах или планах адаптации к изменениям климата. В настоящее время в России в рамках Национального плана мероприятий адаптации к изменениям климата разрабатываются региональные и отраслевые планы адаптации (по состоянию на 31.12.2025 разработано 82 региональных и 10 министерских планов). Указанные документы разрабатываются в соответствии с методическими рекомендациями Минэкономразвития РФ. Подробнее см.:

- Приказ Минэкономразвития России от 13 мая 2021 г. № 267 «Об утверждении методических рекомендаций и показателей по вопросам адаптации к изменениям климата»;
- Приказ Минэкономразвития России от 28 декабря 2023 г. № 927 «Об утверждении Методических рекомендаций по оценке возможного ущерба от воздействия климатических рисков, в том числе рекомендаций по формированию перечня климатически уязвимых объектов в отраслях экономики, в субъектах Российской Федерации и Методических рекомендаций по мониторингу и оценке эффективности и результативности мер по адаптации к изменениям климата»;
- Приказ Минэкономразвития России от 28 декабря 2023 г. № 928 «О внесении изменений в приказ Минэкономразвития России от 13 мая 2021 г. № 267 «Об утверждении методических рекомендаций показателей по вопросам адаптации к изменениям климата».

Также существует практика разработки корпоративных планов адаптации.

2.

Систематизация
типовых проектов,
определение
критериев их выбора

2. Систематизация типовых проектов, определение критериев их выбора

Существует множество классификаций мероприятий адаптации к изменениям климата: по климатическому риск-фактору, по масштабу, по отраслевой принадлежности и пр. Можно разделить адаптационные мероприятия на несколько категорий и по содержанию (операционной деятельности), в том числе:

- мониторинг состояния природных и хозяйственных систем или отдельных их элементов;
- создание защитной инфраструктуры, снижающей опасность, подверженность или уязвимость конкретных объектов;
- применение новых материалов в основных природопользовательских отраслях (сельском, лесном и водном хозяйстве), а также строительстве, энергетике, транспортной отрасли;
- меры по обеспечению эксплуатации зданий и сооружений, технологического оборудования;
- новые технологии и управленческие практики в части производства энергии и управления цепочками поставок и пр.

Применение систем мониторинга как инструмента актуально на всей территории Российской Федерации. В то же время мониторинг селевой и лавинной опасности актуален в первую очередь для горных районов Северо-Западного (СЗФО), Северо-Кавказского (СКФО) и Дальневосточного (ДФО) федеральных округов, в меньшей степени — Уральского (УФО) и Сибирского (СФО) федеральных округов. Мониторинг состояния многолетнемерзлых пород востребован в регионах Арктической зоны РФ: Ненецком автономном округе (НАО), Республике Коми, Ямало-Ненецком автономном округе (ЯНАО), Красноярском крае, Республике Саха — Якутии, Магаданской области, Чукотском автономном округе, в меньшей степени — в прочих регионах СФО и ДФО, в том числе в регионах распространения островной мерзлоты. Разнообразный с точки зрения доступных для использования технических средств мониторинг состояния лесов и погодно-климатических факторов и параметров среды, способствующих оперативному выявлению пожароопасных условий и фактических лесных пожаров, актуален практически для всей территории РФ, но в первую очередь — для регионов ДФО, СФО, УФО и СЗФО.

Современная российская наука о материалах и российская промышленность предлагают пользователям обилие технологий, позволяющих вести строительство точечных и линейных объектов в сложных инженерно-геологических и климатических условиях, а также в районах распространения опасных природных явлений, в том числе селей, лавин, подтоплений и паводков, а также районах залегания многолетнемерзлых пород, предъявляющих особые требования к строительству².

Создание защитной инфраструктуры — один из основных механизмов адаптации к изменениям климата и управления физическими климатическими рисками. Создание и модернизация подобной инфраструктуры актуальны во всех регионах РФ

Применение новых материалов и конструкционных решений актуально не только для профилактики, но и для минимизации негативных последствий реализации климатических рисков. Наибольшую актуальность

подобные решения имеют в регионах Крайнего Севера, Восточной Сибири и Дальнего Востока, для которых при высоких климатических рисках³ характерны, с одной стороны, дефицит производственных и транспортных мощностей, с другой — большая, чем в среднем по стране, изношенность фондов. Обилие неклиматических природных угроз (например, сейсмической активности) лишь подчеркивает необходимость интенсивного развития строительных технологий и разработки новых материалов и решений. Нарушения цепочек поставок даже в обычных климатических условиях несут значительные убытки; в новых климатических условиях ущерб от них может быть кратно выше. Создание и совершенствование различных систем инженерной защиты территории — традиционный и неизменно важный вариант приспособления к суровым климатическим и иным природным условиям.

Сохранение эксплуатационных характеристик зданий и сооружений (в том числе линейных объектов), а также мобильной техники и оборудования — важная задача как с точки зрения обеспечения жизнедеятельности, так и для сохранения конкурентоспособности предприятий по всей территории страны. Не только опасные гидрометеорологические, но и даже меньшие по степени интенсивности воздействия (т.е. формально не попадающие под критерии опасности) природные явления могут негативно воздействовать на людей, машины, разнообразные линейные объекты, телекоммуникационное оборудование, а также готовую продукцию. Высокое значение приобретают эффективные системы обеспечения стационарного режима температуры и влажности, а также поддержания работоспособности техники и сохранения условий в зданиях при аномальных погодноклиматических условиях (волн жары, морозов, сильных ветров, сильных гололедно-изморозевых отложений).

Применение новых биоматериалов (посадочных и семенных, а также удобрений, биологических средств очистки вод и почв) для повышения эффективности сельского, а также лесного и водного хозяйства, по сути, является важным и давним механизмом адаптации. Непрерывная работа по созданию и подбору гибридов и сортов сельскохозяйственных культур, наряду с рядом иных производственных приемов и практик (оптимиза-

²Это один из немногих сегментов адаптации, где не стоит проблема импортозамещения (зависимость от иностранных поставок отсутствует или крайне низка). Подробнее см. Белов Е.И. Оценка уровня импортозависимости мероприятий региональных планов адаптации к изменениям климата // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Социально-экономические науки. — 2025. — № 1. — С. 345-378.

³См. также A.V. Chernokulsky [et. al] Heuristic relative assessment of climate risks in Russian regions. Science of The Total Environment. — Volume 987. — 2025. — 179721.

Изменения климата — это не только новые возможности для сельского хозяйства и шанс на повторное освоение многих территорий (в первую очередь — в нечерноземных регионах СЗФО, Центрального (ЦФО) и Приволжского (ПФО) федеральных округов), но и вызов для южных регионов России, в которых ожидается или уже наблюдается ухудшение агроклиматических условий, нарастание проблемы вододефицита, рост числа опасных гидрометеорологических явлений (ОГМЯ)

цией севооборотов, созданием мелиоративной инфраструктуры и пр.), ведется в большинстве регионов России, а мероприятия в области адаптации сельского хозяйства лидируют среди всех отраслевых мероприятий в региональных планах адаптации к изменениям климата. В то же время в силу дефицита ресурсов (в первую очередь финансовых, а также кадровых)

на уровне отдельных хозяйствующих субъектов далеко не всегда удается внедрить наиболее грамотные решения, обеспечивающие эффективное ведение сельского хозяйства. Совершенствование не только адаптационных, но и управленческих практик — важная задача как для бизнеса, так и для федеральных и региональных органов исполнительной власти.

Наконец, синергия управления переходными и физическими рисками, выражающаяся в расширении использования возобновляемых источников энергии (особенно в труднодоступных районах) также регулярно попадает в фокус внимания владельцев климатических рисков на федеральном, региональном и корпоративном уровнях⁴. Наибольшим потенциалом в части использования таких возобновляемых источников энергии, как солнце и ветер, обладают южные регионы России, а также некоторые регионы Поволжья, юга Сибири, Дальнего Востока (включая районы Крайнего Севера). В части использования водных ресурсов прогнозируется улучшение условий на востоке и северо-западе страны.

Безусловно, перечень отраслей, в которых уместно внедрение практик адаптации, не исчерпывается приведенными примерами.

⁴Следует иметь в виду, что цели адаптации могут вступать в противоречие с целями декарбонизации экономики и обеспечения энергетической безопасности: так, в ряде регионов ДФО существует практика использования местного ископаемого топлива (угля, нефти)

Таблица 1 — Соотнесение типичных мероприятий адаптации к изменениям климата и климатическим риск-факторам

Климатический риск-фактор	Системы мониторинга	Применение новых конструктивных материалов для строительства зданий и сооружений, а также для предупреждения негативных последствий реализации климатических рисков	Применение новых материалов, конструктивных и технических решений для подавления негативных последствий реализации климатических рисков	Применение новых материалов, конструктивных и технических решений для обеспечения эксплуатации зданий и сооружений, мобильной техники, обеспечения выпуска продукции при неблагоприятных погодно-климатических условиях	Применение новых биоматериалов (в природопользовательских отраслях)	Энергетика и ВИЭ-генерация
Оползни		+				
Абразия, термоабразия		+	+			
Переработка берегов водохранилищ		+				
Наледееобразование	+		+	+		+
Наводнение			+			
Жара	+	+		+	+	
Засуха	+				+	
Заморозки	+				+	
Сильные атмосферные осадки	+	+		+	+	+
Пожарная опасность в лесах	+					
Деградация многолетней мерзлоты		+	+	+		
Аномальные холода				+		
Грозы	+					
<i>Нарушение цепочек поставок и систем энергоснабжения в условиях изменения климата</i>		+				+
Использование новых климатообусловленных возможностей					+	+

Курсивом выделены:

- грозы и холода, не указанные в перечне климатических рисков (риск-факторов) в Методических рекомендациях Минэкономразвития, но включаемые в региональные перечни ОГМЯ;
- комплекс неблагоприятных явлений (в том числе наводнений, засух, интенсивных осадков, сильных ветров и пр.), приводящих к нарушению цепочек поставок.

3.

Методология
выбора проектов
адаптации
к изменениям климата



3. Методология выбора проектов адаптации к изменениям климата

Оценка потребностей в адаптации является основополагающей частью повышения устойчивости к изменениям климата

При определении целесообразности реализации адаптационного проекта и выборе конкретного решения для него

целесообразно использование т.н. cost-benefit-подхода (анализ «затрат и выгод»). Он заключается в сравнении всех потенциальных издержек и ожидаемых преимуществ от их реализации и позволяет количественно оценить, перевешивают ли финансовые и социальные выгоды от снижения рисков (несостоявшиеся убытки от реализации климатических рисков) затраты на меры по адаптации или смягчению последствий. Этот подход помогает не только приоритизировать возможные проекты, но и выбрать оптимальные решения для каждого из них: наилучшими вариантами следует считать те, которые дают наибольшую отдачу на вложенный капитал с точки зрения общества и экономики. В рамках анализа «затрат и выгод» можно с известной долей условности определить даже монетизацию тех выгод, которые не имеют однозначно определяемой рыночной стоимости, например, сохранение человеческого капитала или биоразнообразия. В итоге метод позволяет сформировать четкое экономическое обоснование для принятия решений о финансировании и реализации природоохранных инициатив.

Также следует иметь в виду, что адаптация часто представляет собой не столько один конечный проект, сколько множество последовательно и параллельно реализуемых проектов с разнообразными эффектами и участниками. Поэтому чрезвычайно важно обеспечить представительство всех заинтересованных сторон, представителей власти и бизнеса, выявить потребности и предпочтения местного населения, а также учитывать следующие методологические аспекты:

- закладывать различные климатические и социально-экономические сценарии для оценки перспектив реализации адаптационных проектов и их воздействия на дальнейшее развитие территории;
- учитывать различные трансграничные риски (на уровне единиц административно-территориального деления, соседних стран, речных бассейнов и морских акваторий);
- регулярно пересматривать потребность в финансовых и иных ресурсах;
- использовать адаптивный подход к управлению рисками в рамках отдельных проектов;
- по возможности учитывать неявное (неформализованное) знание;
- формировать критерии успешности / эффективности адаптационных проектов совместно с ключевыми заинтересованными сторонами.

Следует помнить, что у каждого адаптационного решения есть предел, и даже самые большие капитальные и операционные затраты могут быть не в состоянии компенсировать негативное влияние климата и тем более не смогут обеспечить выгоду от адаптации. Например, экономически нецелесообразно или технологически невозможно обеспечить сохранение берегов в условиях интенсивной термоабразии или сохранение ледников на вершинах гор и, как следствие, невозможно рассчитывать на долгосрочную эксплуатацию порта на уязвимом участке побережья или устойчивое сельское хозяйство в долине реки, питаемой этим ледником.

По этой причине формирование социально-климатических сценариев на основе современных средне- и долгосрочных климатических прогнозов является обязательным. Если же сохранение существующего положения дел представляется невозможным даже с использованием наилучших решений и практик, то следует начать рассматривать варианты самой радикальной смены уклада в природно-хозяйственном комплексе (включая прекращение

отдельных видов деятельности и даже переселение людей). В то же самое время следует помнить, что сохранять и повышать эффективность многих отраслей можно различными методами: так, в сельском хозяйстве ответом на климатические вызовы, связанные с аридизацией, может стать не только внедрение новых сортов и гибридов, но и внесение большего количества удобрений и средств защиты растений, обеспечение полива сельскохозяйственных культур, приобретение и эксплуатация новых видов техники, обеспечивающей почвосбережение, наконец, повышение ресурсоэффективности (например, уменьшение потерь при сборе, транспортировке и хранении урожая). Разнообразны и решения в энергетике: не только создание систем децентрализованной генерации на базе возобновляемых источников энергии (ВИЭ), но и оптимизация загрузки генерирующих агрегатов при различных погодных условиях, использование новых конструкций и материалов для создания линий электропередачи, применение беспилотников для мониторинга состояния стационарной и сетевой инфраструктуры могут повысить устойчивость энергосистем и обеспечить положительный опыт внедрения.

По этой причине всегда следует помнить об определении адаптации как межотраслевого процесса, который является органической частью общей ориентации на обеспечение устойчивого развития, повышение качества жизни людей и экономической эффективности путем достижения лидерства по снижению затрат и максимизации прибыли. **Адаптация является не столько целью, сколько средством достижения цели⁵.**

⁵Последнее обстоятельство делает ее похожей на цифровизацию: с конца XX века внедрение цифровых технологий для изменения существующих процессов и создания новых пронизывает почти все виды человеческой деятельности, однако при некорректно сформулированных приоритетах, неверно избранном целеполагании, неудачно выбранных инструментах и методах цифровизация не повышает качество управления, не обеспечивает рост производительности и не гарантирует улучшение жизни людей.

4.

Рекомендации
для органов власти,
коммерческих
и некоммерческих
организаций



4. Рекомендации для органов власти, коммерческих и некоммерческих организаций

Адаптационные сюжеты, как уже отмечено выше, часто сложны в управлении и междисциплинарны по своей природе. Важно обеспечить участие профессионалов в обсуждении приоритетов адаптации и разработке конкретных проектов — специалистов в области климата, инженеров, экономистов, а в отдельных случаях — специалистов в области коммуникаций и лидеров местных формальных и неформальных объединений

Адаптация касается каждого и потому предполагает открытый интенсивный равноправный диалог. В условиях дефицита кадров и сведений следует обращаться к официальным и авторитетным источникам — данным регионального управления гидрометеослужбы, докладам Росгидромета и ФГБУ

«Гидроспецгеология», статьям в престижных научных журналах, патентным базам, каталогам решений, разрабатываемых в федеральных министерствах и подведомственных организациях. Ценными источниками информации являются также отраслевые журналы, выставки, круглые столы: деловое сообщество традиционно использует именно эти каналы как для декларации своих потребностей, так и для демонстрации своих разработок. По возможности для консультационной поддержки следует привлекать институты развития, вузы и научно-исследовательские институты, профильные некоммерческие организации.

Соответственно и при разработке значимых документов, в том числе региональных и муниципальных планов адаптации, а также операционном сопровождении крупных проектов адаптации целесообразно создание рабочих групп, включающих не только влиятельных представителей органов власти и ученых, но и представителей делового сообщества — непосредственных участников запланированных проектов, отраслевых институтов и проектных организаций, а также общественных лидеров. Важно при этом рассматривать адаптацию в контексте существующих и планируемых к разработке ключевых документов (стратегий, планов, дорожных карт социально-экономического развития региона, корпоративных стратегий). Кроме того, хорошей практикой является трансграничное сотрудничество на уровне муниципалитетов, регионов и даже стран. Синхронизация усилий и взаимный учет интересов находящихся на уязвимых территориях людей и предприятий способны существенно повысить эффективность адаптации, а их игнорирование — кратно ее снизить или даже привести к конфликтам. Следует помнить, что многие природные объекты — леса, реки, почвы — не знают границ; аналогично для многих инфраструктурных объектов — дорог, трубопроводов, линий электропередачи — характерен трансграничный характер использования. Только повсеместное распространение практик рационального природопользования и ответственного ведения бизнеса может обеспечить устойчивое развитие в условиях динамично меняющегося климата.

На уровне отдельной отрасли, предприятия и локального сообщества целесообразна организация работы по обмену успешными практиками разработки планов адаптации и знакомства с современными технологическими решениями, минимизирующими подверженность климатическим рискам, уязвимость к ним, ущерб от их реализации в конкретных регионах и отраслях народного хозяйства (в том числе с дальнейшей подготовкой баз таких практик и решений)⁶. Очевидно, при этом важно не только собрать информацию от поставщиков решений, но и от клиентов («потребителей»), а также иных заинтересованных участников. Если же речь о новой, неиспытанной технологии, то любое массовое внедрение должны предварять тесты, сравнительные эксперименты, пилотные проекты. Безусловно, всегда следует учитывать мнения владельцев риска и обсуждать с ними перспективы внедрения адаптационных решений и практик.

Аналогично важен обмен опытом в части привлечения финансирования и использования существующих инструментов финансовой и нефинансовой поддержки. Возможности отдельно взятой компании и тем более домохозяйства ограничены, поэтому важен успешный поиск подходящих механизмов, обеспечивающих доступ к финансовым и иным ресурсам. В настоящее время в различных регионах и отраслях доступны различные инструменты — субсидии, гранты, льготные кредиты и пр.

Подробнее об инструментах и рекомендациях по их применению можно узнать в аналитическом докладе «Финансовые решения для реализации мероприятий климатической адаптации в Российской Федерации». Доклад подготовлен экспертами НИУ ВШЭ в 2025 году и опубликован в открытом доступе на сайте: <https://geography.hse.ru/mirror/pubs/share/1106094757>.

Кроме того, целесообразен анализ эффективности реализуемых на уровне региона или отдельных коммерческих организаций адаптационных мероприятий.

⁶Обмен опытом – фундаментальный механизм, обеспечивающий эффективность адаптации в масштабе государства. При этом в настоящее время даже на уровне отдельных региональных министерств не выстроен диалог по вопросам учета и эффективного управления климатическими физическими рисками, а многие фактически адаптационные (в том числе значительные по географии, финансовым затратам, продолжительности, охвату населения) мероприятия принципиально не попадают в ключевые документы федерального отраслевого и регионального уровня. То же касается и крупных компаний (корпораций).

5.

Каталог решений



5.1. Системы мониторинга

Решение 1

Датчики мониторинга многолетней мерзлоты

Описание проблемы:

В связи с глобальным потеплением достаточно остро стоит проблема своевременного обнаружения процессов протаивания грунта в районах распространения многолетнемерзлых пород. Отсутствие постоянного мониторинга за данным процессом в районах очагового освоения может привести к непрогнозируемому разрушению инфраструктуры: зданий, дорог, промышленной инфраструктуры с критическими для отдельных предприятий экономическими и существенными экологическими ущербами.

Отрасль

Системы мониторинга

Объект

Конструкции / материалы для инфраструктурного строительства

Климатические риск-факторы

Глобальное потепление, деградация многолетнемерзлых пород (уменьшение несущей способности)

География применения

СЗФО, УФО, СФО, ДФО

Описание технологии:

Цифровые датчики температуры грунта предназначены для непрерывного мониторинга термодинамического состояния грунтов под инфраструктурными объектами российской Арктики.

Своевременное выявление опасных изменений (протаивание) позволяет предотвратить деформации и аварии на трубопроводах, дорогах и других инфраструктурных объектах. Современные датчики позволяют осуществлять многоточечный замер: одновременное измерение температуры в нескольких точках позволяют анализировать состояние мерзлых, промерзающих и протаивающих грунтов при низком уровне погрешности ($\pm 0,1$ °C)

Конструкция датчиков обычно рассчитана на эксплуатацию в суровых климатических и производственных условиях. Элементы многокомпонентных систем соединены гибким кабелем, сохраняющим эластичность при экстремально низких температурах. Также обеспечивается высокий уровень пылевлагозащиты и взрывобезопасности (актуально для работы на добычных и энергетических промплощадках).

В основе технологии — сбор данных о температуре с термокос, применяемых как для оперативных, так и для постоянных замеров.

Длина термокос может достигать 100 и более метров (подходит для обустройства глубоких скважин)

Некоторые поставщики также разрабатывают собственное программное обеспечение для пользователей мобильных устройств (смартфонов)⁷.

Экономические эффекты применения решения:

- Своевременное выявление нарушений и предотвращение аварий, разрушений и деформации зданий, трубопроводов и дорог, предотвращение аварий и техногенных катастроф;
- Более точное прогнозирование климатических изменений и корректирование порядка ведения хозяйственно-экономической деятельности;

⁷Малышев Ю.О. Автоматизированные системы мониторинга температуры многолетнемерзлых грунтов // Технологии обустройства нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождений: Сборник тезисов VII научно-технической конференции, Томск, 24–25 сентября 2024 года. – Томск: АО «Томский научно-исследовательский и проектный институт нефти и газа», 2024. – С. 218-223.

- Оптимизация процессов строительства и эксплуатации объектов, повышение их безопасности.

Отечественные решения разработаны, апробированы и кастомизированы с учетом опытно-промышленной эксплуатации на различных объектах в регионах ДФО, СФО, УФО, в том числе⁸:

- автомобильных и железных дорогах;
- площадках месторождений;
- системах трубопроводов и компрессорных станциях;
- научных станциях и полигонах.

Примеры поставщиков решения:

НПП «Эталон»

Аналог: НПО «Росгео».

Близкие решения:

В частности, возможно использование индикаторных кабелей и гидросенсорных скважин для регистрации признаков таяния

(разработчик — ООО «Инжиматик»). Подобное оборудование технологически родственно тем контрольно-измерительным приборам и аппаратуре, которые задействуют для раннего обнаружения утечек технологических жидкостей (водосодержащих растворов кислот и щелочей, нефти и нефтепродуктов).

В сложных климатических, геологических и гидрологических условиях возможно применение смежных технологий

⁸Пугач В.Н., Бойцов С.В. Опыт применения и новые разработки систем мониторинга температуры вечномёрзлых грунтов производства АО «НПП «Эталон» // Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации: Сборник материалов III Международной научно-практической конференции, Омск, 29–30 ноября 2018 года. – Омск: Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), 2019. – С. 262-268.

Решение 2

Технология применения систем мониторинга погодных условий на дорогах

Описание проблемы:

В связи с климатическими изменениями все более частыми становятся случаи резкой смены погоды, интенсивных жидких и твердых осадков, температурных перепадов, образования гололедно-изморозевых отложений. Это сказывается как на безопасности дорожного движения, так и на состоянии дорожного покрытия и эффективности работы служб и компаний, обеспечивающих эксплуатацию дорог.

Отрасль

Системы мониторинга

Объект

Автомобильные дороги

Климатические риск-факторы

Комплексные неблагоприятные явления

География применения

Вся территория России

Описание технологии:

В настоящее время практики оперативного управления содержанием и эксплуатации дорог развиваются по пути создания интеллектуальных транспортных систем, составной частью которых являются подсистемы погодного мониторинга.

Система мониторинга погодных условий на дорогах предназначена для автоматических измерений метеорологических параметров на дорогах: температуры воздуха, дорожного полотна и грунта, относительной влажности воздуха, скорости и направления воздушного потока, атмосферного давления, толщины слоя воды, снега и льда на поверхности дорожного полотна, метеорологической оптической дальности, количества и интенсивности атмосферных осадков. Также возможны:

Также система позволяет анализировать состояние дорожной поверхности для определения количества и концентрации противогололедного реагента, количества снега, воды или влаги на поверхности и температуры замерзания, а также предупреждать о наличии льда, снега и выпадении осадков

- автоматизация выработки типовых рекомендаций по организации и технологии работ по зимнему содержанию дорог;
- рассылка информации, предписаний, распоряжений и т.п. подрядным организациям и специалистам дорожного хозяйства;
- формирование отчетов об уровне содержания автодороги, о метеорологических условиях, интенсивности дорожного движения, техническом состоянии системы⁹.

Принцип действия станции основан на измерении метеорологических параметров, которые преобразуются измерительными преобразователями в цифровой код и поступают в центральное устройство для обработки, отображения на дисплее оператора, регистрации, архивации и передачи данных потребителям.

Станция работает круглосуточно, сообщения о метеорологических параметрах передаются автоматически (через определенные временные интервалы) или по запросу. Электропитание может осуществляться от внешнего источника тока или встроенной аккумуляторной батареи.

⁹Николаева Р.В., Иванов Р.А. Анализ современных систем прогнозирования погоды для повышения безопасности дорог в зимнее время // Техника и технология транспорта. – 2020. – № 4(19). – С. 19.

Экономические эффекты применения решения:

- снижение рисков дорожно-транспортных происшествий (ДТП);
- повышение качества планирования и управления в области транспортного комплекса и транспортной инфраструктуры;
- повышение эффективности содержания и контроля транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог;
- оптимизация условий движения транспортных потоков на автомобильных дорогах для повышения их пропускной способности (опционально).

Примеры поставщиков решения:

АО «ТРАССКОМ»

Аналог: ООО «АРМИС РУС»

Решение 3

Системы мониторинга протечек

Описание проблемы:

В связи с изменением климата возрастает частота экстремальных погодных явлений: ураганов, сильных дождей, града. Операторы и эксплуатанты различных коммерческих зданий — в первую очередь цехов и складов — чаще сталкиваются с необходимостью оперативного выявления протечек.

Отрасль

Коммерческое
строительство

Объект

Системы мониторинга

Климатические риск-факторы

Интенсивные осадки

География применения

ЦФО, СФО, ДФО,
СЗФО, ПФО

Описание технологии:

Система мониторинга протечек включает следующие элементы:

- специальное сигнальное полотно для крыши из комбинации углеродных трубок, мишурных серебряных нитей и нескольких слоев нетканых материалов;
- линейный датчик для стыков, примыканий и перекрытий;
- контакты для подключения полотна;
- контроллеры; опционально — беспроводные модули.

Каждая карта разделительно-сигнального полотна подключается к контроллеру, который проводит непрерывный мониторинг с нескольких карт не только факта

появления воды, но и степени влажности. Такой подход позволяет отличать появление конденсата под мембраной от реальной протечки и выявлять место возникновения проблемы с точностью до размеров одной карты. В зонах примыканий, деформационных швах и парапетах устанавливаются линейные датчики. При попадании влаги на полотно его свойства меняются, и информация о факте и степени намокания передается в информационную систему.

Сигнальное полотно укладывается под гидроизоляцию крыши сегментами определенной длины и ширины, формируя карту протечек в соответствии с проектом

Контроллеры могут быть подключены к линии стационарного питания, либо работать от мобильной батареи.

Для удобства пользователей разработчики обычно предлагают интерфейсы личных кабинетов (в том числе в мобильных приложениях) для мониторинга и сбора информации о состоянии крыши в режиме реального времени.

Экономические эффекты применения решения:

Система мониторинга протечек в режиме реального времени позволяет узнавать о протечках в момент их появления, следить за их динамикой, повышать срок эксплуатации объектов инфраструктуры.

Применение систем мониторинга позволяет предотвратить ущерб в размере от нескольких десятков тысяч рублей в случае локальных протечек до нескольких миллионов рублей при серьезном повреждении строений, в том числе:

- разрушение конструкций (увлажнение и снижение прочности деревянных, металлических и железобетонных элементов здания (балок, ферм, перекрытий, стен), коррозия арматуры и закладных деталей, растрескивание и обрушение отделочных слоев (штукатурки, плитки, лепнины);

- порча имущества и оборудования;
- аварии инженерных систем (короткие замыкания электропроводки, повреждения осветительных приборов и электрооборудования, разрывы трубопроводов отопления и водоснабжения);
- иные виды ущербов (включая распространение плесени, тепловые потери).

Экономическая эффективность систем зависит от специфики деятельности оператора зданий, степени изношенности зданий, региональных особенностей климата

Перспективно обустройство систем мониторинга протечек и в жилых зданиях¹⁰.

Примеры поставщиков решения:

Аналог: ООО «К-СИСТЕМС ГРУПП»

Примеры поставщиков решения:

ООО «ГАТ», ООО «К-СИСТЕМС ГРУПП», ГК «ССТ»

¹⁰ Кондратенко В.С., Rogov A.Ю., Титков М.В. Особенности построения беспроводной автоматизированной системы контроля протечек для жилого комплекса // Сборник докладов конференции «Оптические технологии, материалы и системы» (Оптотех – 2018) Физико-технологического института МИРЭА — Российского технологического университета, Москва, 13–14 декабря 2018 года / Под редакцией Кондратенко В.С.. – Москва: МИРЭА - Российский технологический университет, 2018. – С. 108-115.

5.2. Новые материалы и конструкции

Решение 4

Мобильное дорожное покрытие (МДП) из полимерных композиционных материалов

Описание проблемы:

Сложность и высокая стоимость строительства традиционных дорог в труднодоступных местах или территориях со сложными геологическими условиями, такими как: бездорожье, болота (1 и 2 типа), слабые грунты или зоны проведения краткосрочных мероприятий. Плиты из полимерных композиционных материалов позволяют быстро создавать временные или постоянные площадки и дороги для различных целей, например, обустройства месторождений, складских зон, стоянок спецтехники, парковочных мест и временных дорог при ремонте. Известна практика размещения на мобильных дорожных плитах небольших быстровозводимых зданий.

Отрасль

Инфраструктурное
строительство

Объект

Конструкции / материалы
для инфраструктурного
строительства

Климатические риск-факторы

Интенсивные осадки,
климатообусловленные
геоморфологические процессы,
рост частоты перехода через
отметку 0 °С

География применения

ЦФО, СФО, ДФО,
СЗФО, ПФО

Экспорт:

страны Центральной Азии

Описание технологии:

Плиты, формирующие дорожное покрытие, изготавливаются из полимерных композиционных материалов и соединяются в дорожное полотно специальными замковыми соединениями. Такие плиты предназначены для многократного использования и позволяют быстро возвести временные дороги и строительные площадки на участках со сложными геологическими условиями.

Существует несколько типов мобильных дорожных покрытий, различающихся погонной изгибной жесткостью, а также техническими особенностями производства плит, предназначенных для разных производственных задач

Особенности мобильных дорожных плит являются их преимуществами по сравнению с традиционными способами строительства временных или технологических дорог¹¹:

- повышенная прочность (композитные плиты выдерживают автомобильную технику весом до 80 тонн);
- высокая скорость строительства (строительство 1 км дороги шириной 6 м происходит за 48 рабочих часов);
- возможность многократного повторного использования, благодаря которому суммарные затраты оказываются в 2,5 раза ниже по сравнению с традиционной конструкцией (лежневой настилом);
- сравнительно малый вес плиты (650 кг), который делает возможным монтаж любыми погрузочно-разгрузочными механизмами и экономит денежные средства на транспортировку;
- морозо- и жаростойкость обеспечивают возможность применения в любых климатических условиях;
- повышенная прочность и гибкость, низкое удельное давление плит позволяют монтировать МДП при минимальной подготовке поверхности грунта;
- применение полимерных композиционных плит в качестве замены лежневого настила способствует сохранению природных ресурсов.

Следует учитывать и недостатки полимерных материалов: меньшую устойчивость к высоким нагрузкам, ухудшение свойств под действием аномально-низких температур и длительного воздействия УФ-излучения, обычно более высокую стоимость.

¹¹ При разнообразных преимуществах полимерные мобильные дорожные плиты или схожие решения все еще не являются общераспространенным решением. Так, подробный анализ номенклатуры грузов, перевозимых крупными перевозчиками, показывает, что в крупных районах нефте- и газодобычи явно преобладают железобетонные изделия (подробнее см. Куликов А.В., Фирсова С.Ю., Дорохина В.С. Повышение эффективности автомобильных перевозок в условиях Крайнего Севера Российской Федерации // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2021. – Т. 18, № 3(79). – С. 286-305.).

Экономические эффекты применения решения:

Покрытие из полимерных плит обеспечивает экономию времени при проведении строительно-монтажных работ¹². По данным исследований, с учетом экономии в сравнении со строительством

Использование полимерных композиционных плит эффективнее песчано-гравийных смесей при многократном строительстве лесных дорог, при этом окупаемость внедрения плит достигается обычно на их десятом применении

гравийной дороги выгода составляет 61 млн руб¹³. Гарантийный срок эксплуатации в течение 5 лет и многократное использование¹⁴ значительно увеличивают экономический эффект от использования полимерных композитных плит, что определяется их прочностью, устойчивостью к высоким нагрузкам и воздействию окружающей среды.

Например, согласно технико-экономическому обоснованию эффективности применения МДП «Мобистек», окупаемость плит достигается на 8-й раз применения, при этом, учитывая многократное использование конструкции, суммарные затраты на строительство дорог становятся в 2–2,5 раза ниже по сравнению с традиционной конструкцией (лежневой настил).

Примеры поставщиков решения:

ГК «РусКомпозит»

Аналоги: ЗАО «ТЕХПОЛИМЕР», АО «СТЕКЛОНИТ».

Близкие решения:

Полимеры — не единственные материалы, используемые для производства мобильных дорожных плит. Среди альтернативных решений есть как традиционные сочетания местной древесины и сварных металлоконструкций, так и решения на базе переработанной резины.

¹²Кроме того, трудоемкость со временем сокращается: скорость сборки зависит от навыка работников и значительно повышается по мере накопления опыта (Куницкая О.А., Рудов С.Е., Зорин М.В. Перспективы использования пластиковых плит при строительстве временных транспортных путей // Машиностроение: новые концепции и технологии: Всероссийская научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых, Красноярск, 23 октября 2020 года. – Красноярск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», 2020. – С. 98-103.).

¹³Левенцов В.А., Дружинина А.Э., Аркина К.Г. // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2021. – № 3(129). – С. 75-83.

¹⁴Последнее обстоятельство особенно ценно в условиях очагового освоения различных районов Крайнего Севера: арктиковеды обращают особое внимание на значимость «всей нестационарной транспортно-дорожной инфраструктуры» (Подробнее см. Гончаров Р.В., Пилясов А.Н., Замятина Н.Ю. Без мобильности нет креативности: антропология транспорта Сибири и Дальнего Востока // Пространственная экономика. – 2019. – Т. 15, № 4. – С. 149-183.).

Решение 5

Использование георешеток для продления срока службы дорожного покрытия

Описание проблемы:

Низкая плотность и устойчивость дорожного полотна, образование деформаций (колеи и трещины), нестабильность слабых грунтов, эрозия и разрушение откосов, частые ремонты дорожного полотна, высокие расходы на строительство и ремонт дорог.

Отрасль

Инфраструктурное строительство

Объект

Конструкции / материалы для инфраструктурного строительства

Климатические риск-факторы

Интенсивные осадки, климатообусловленные геоморфологические процессы, рост частоты перехода через отметку 0 °С

География применения

ЦФО, ПФО, СЗФО, УФО, отдельные проекты в СФО и ЮФО

Описание технологии:

Георешетки СД — один из видов геосинтетических материалов (геосинтетиков), который представляет собой двухмерную или трехмерную сотовую структуру, изготовленную из полос полиэфирного иглопробивного полотна или полиэтиленовых и полипропиленовых лент, скрепленных между собой сварными швами высокой прочности:

- георешетка отличается жесткими узловыми соединениями. Ее производство происходит методом экструзии: сплошной лист полипропилена перфорируют и растягивают под воздействием высокой температуры. Георешетки отличаются повышенной прочностью и подходят для армирования основания дорожной одежды и сооружений на слабых грунтах;
- георешетки с длинными узкими ребрами, ориентированными в одном направлении, обладают высокой прочностью на растяжение;
- плоские трехосные георешетки для армирования хорошо выдерживают высокие динамические нагрузки и подходят для строительства дорог и площадок.

Для производства георешеток, как и многих других геосинтетических материалов, используют различные полимерные материалы: полиэфир, полипропилен, полиамид, полиэтилен, полиарамид и пр.

Георешетки используют в строительстве автомобильных и железных дорог, аэродромов, портов, складов, стоянок большегрузов и других площадок, рассчитанных на высокие нагрузки, а именно применяют для укрепления обочин, расширения проезжих частей, защиты от камнепадов. Применение георешеток также обычно замедляет или предотвращает образование колеи, трещин, пучений и дорожных выбоин, сокращает затраты на строительство, содержание и ремонт объекта. Аналогично георешетки применимы при обустройстве и ремонте подпорных стенок, откосов, элементов систем водоотводов¹⁵.

Основная область применения георешеток — усиление различных строительных конструкций, имеющих в своем составе слои из необработанных зернистых материалов (щебня, гравия, шлака). Укладка георешеток под такие слои приводит к повышению работоспособности строительных конструкций, позволяет сократить их материалоемкость

Иные (также адаптационные) варианты применения георешеток связаны не с усилением строительных конструкций и армированием материалов, а с использованием свойств материалов для фильтрации воды или водоотведения.

¹⁵ Стефанюк В.Н. Использование георешеток для усиления слабых оснований железнодорожных насыпей // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. – 2021. – Т. 1. – С. 562–569.

Экономические эффекты применения решения:

В целом экономический эффект от использования геосинтетических материалов в дорожном строительстве является значительным и оценивается в диапазоне от 8% до 28% от сметной

стоимости объекта (по данным анализа эксплуатации федеральных и региональных объектов дорожной инфраструктуры). Экономический эффект при применении георешетки для обустройства непосредственно дорожной одежды обычно составляет 10–20% за счет уменьшения толщины несущей подушки при одинаковых нагрузках, сокращения объема строительных работ и трат на доставку материалов. При этом отдельные характеристики — несущая способность, устойчивость конструкции дорожной одежды к криосолифлюкционным процессам, невосприимчивость к действию водной эрозии — могут возрастать на 20–30 и даже 50%¹⁶. Уменьшается и риск возникновения трещин (в том числе усадочных) в асфальтобетонном покрытии¹⁷.

Применение геосинтетических материалов не только повышает технические характеристики дорожных покрытий, но и существенно снижает общие затраты на строительство и последующую эксплуатацию дорог

Долгосрочные эффекты от применения георешеток выражаются в общем росте эффективности транспорта. Так, скорость движения грузовых автомобилей и лесной техники на лесных дорогах, укрепленных композициями из георешеток и цементогрунта, может возрасти, по данным различных замеров и наблюдений, на 20%¹⁸.

Примеры поставщиков решения:

ГК «ТЕХПОЛИМЕР»

Аналоги: ООО «Геоспан Инженерные Решения», ООО «ПластикСтрой», ООО «Машина-ТСТ» и пр.

¹⁶Сушков С.И., Сергеев А.С. Экспериментальное сравнение двух конструкций дорожных одежд с применением георешеток, устраиваемых на склонах лесовозных дорог, в основании которых водонасыщенный глинистый грунт // Лесотехнический журнал. – 2017. – Т. 7, № 1(25). – С. 126-136.

¹⁷Что особенно критично при обустройстве дорог в сложных климатических и геоморфологических условиях. См. также Шестернев Д. М., Литовко А. В. Комплексные исследования по выявлению деформаций на автомобильной дороге «Амур» // Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации: материалы докладов XIV Общероссийской научно-практической конференции М.: Геомаркет. – 2018. – С. 309-314.

¹⁸Лыщик П.А., Науменко А.И., Сияк С.А. Конструкции лесных автомобильных дорог на основе арматурного каркаса «георешетка-цементогрунт» // Труды БГТУ. №2. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – 2016. – № 2(184). – С. 79-82.

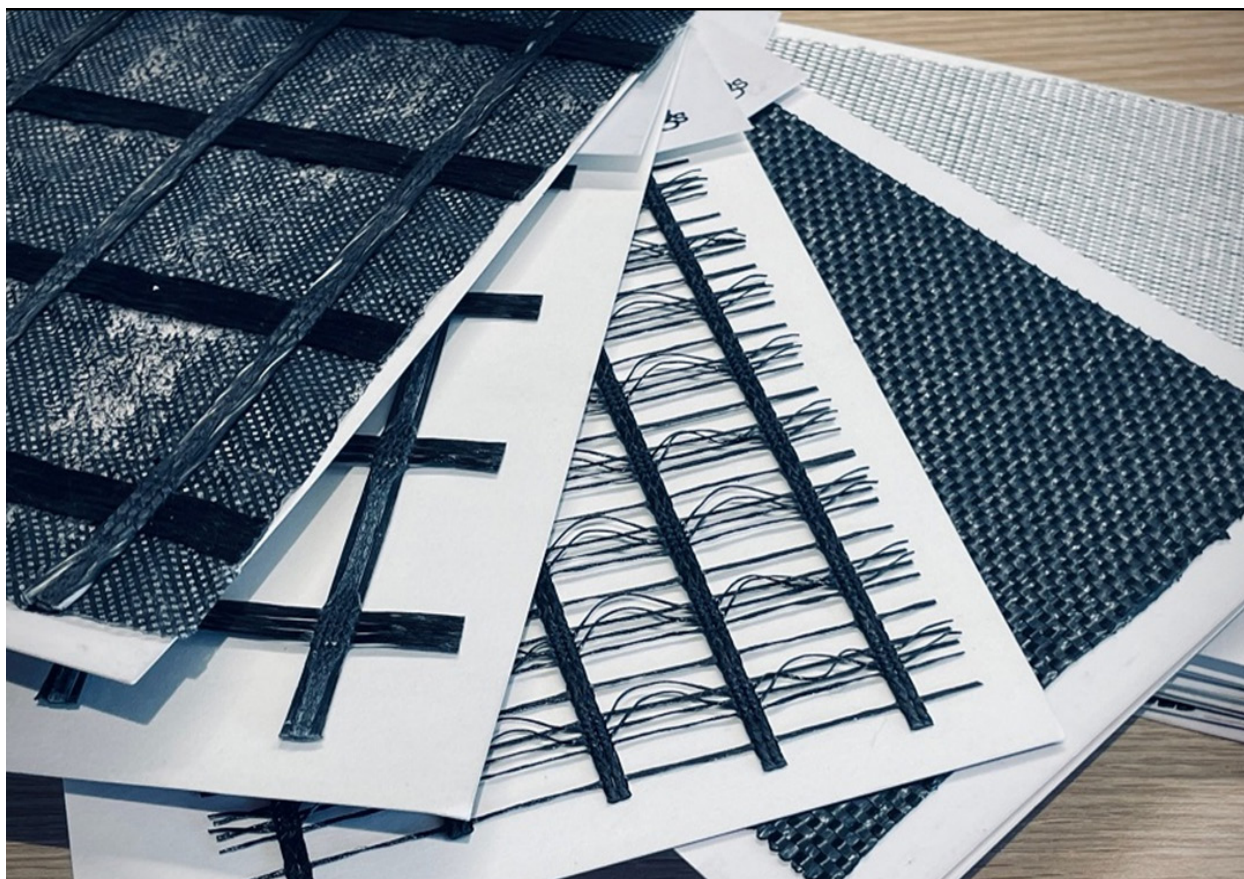


Рис. 2. Геосинтетические материалы (производитель — «Машина-ТСТ»). Фото автора

Дополнительные комментарии:

До настоящего времени не вполне решена давняя проблема стандартизации терминологии в области производства и применения геосинтетических материалов¹⁹. Это обстоятельство не мешает использованию георешеток, однако требует от разработчиков тщательной проработки проектно-сметной документации.

Применение георешеток для усиления дорожных одежд и обеспечения гидроизоляции — это лишь одно из множества решений для защиты линейных и точечных объектов от формирования морозобойных трещин. В числе прочих следует упомянуть решения в части теплоизоляции грунтового массива фундаментов и дорожных оснований, обсыпки фундаментов и оснований опор объектов крупным грунтом, обустройства прослоек из различных природных и простейших строительных материалов²⁰.

¹⁹См., например, Федосов С.В., Поспелов П.И., Гойс Т.О. [и др.] Проблемы оценки качества и стандартизации геосинтетических материалов в дорожном строительстве // *Academia. Архитектура и строительство*. – 2016. – № 1. – С. 101-106.

²⁰Стетюха В.А. Борьба с воздействием морозобойных трещин на техногенные объекты в северных регионах // *Образование в области безопасности жизнедеятельности и новых технологий: проблемы и перспективы развития : сборник статей V Всероссийской научно-практической конференции, Чита, 25 марта 2021 года*. – Чита: Забайкальский государственный университет, 2021. – С. 65-70.

Решение 6

Бигбэги (геобэги) для защиты от волновых процессов

Описание проблемы:

Интенсивные абразионные процессы идут на 40% побережья России²¹. Это ведет к ухудшению состояния и разрушению многих прибрежных объектов, включая гидротехнические сооружения, портовую, добычную, энергетическую, рыбохозяйственную инфраструктуру, в отдельных случаях — дороги, жилье, социальные объекты. Наиболее критичны абразионные процессы для ряда населенных пунктов регионов северо-запада России, Азово-Черноморского бассейна, а также некоторых участков побережий арктических и дальневосточных морей.

²¹ Лукьянова С.А., Соловьева Г.Д. Абразия морских берегов России // Вестник Московского университета. Серия 5: География. – 2009. – № 4. – С. 40-44.

Отрасль

Инфраструктурное строительство

Объект

Конструкции / материалы для инфраструктурного строительства

Климатические риск-факторы

Интенсивные осадки, абразионные процессы

География применения

СЗФО, ДФО

Описание технологии:

Бигбэги обычно изготавливают из прочного тканого синтетического материала, оснащенного грузowymi петлями. Засыпка бигбэга местным грунтом, обломочным материалом или строительными смесями происходит на месте берегоукрепительных работ

с помощью бункерного устройства. Возможно заполнение донным песком с помощью гидронамывной машины. После заполнения бигбэги ставят рядами вдоль береговых линий, тем самым снижая силу водяного потока и защищая берега от разрушений.

Для защиты портов, линейных прибрежных объектов, наливных и перевалочных терминалов используют различные решения, в том числе бигбэги. Эти крупногабаритные геоконтейнеры используются для защиты от волнового и ветрового воздействия берегов при морском и речном строительстве

Экономические эффекты применения решения:

Защита любых (например, портовых) зданий и сооружений в условиях интенсивных волновых процессов, как следствие, обеспечение безопасности населения и стабильной хозяйственной деятельности в прибрежной территории. Особенности технологии:

- заполнение бигбэгов местным грунтом или обломочным материалом позволяет существенно снизить затраты на строительство;
- простой монтаж, возможность сборки и установки в любом сезоне и на любой поверхности делают работы технологичными и быстрыми.

Поставщики решений обычно отмечают, что применение бигбэгов не оказывает негативного влияния на окружающую среду. В то же время известны работы, в которых отмечается, что бигбэги со временем теряют свои свойства, подвергаются механическому истиранию, фото-, термо- и биодegradации и, как следствие, частично разрываются или рассыпаются, что приводит к попаданию частиц полимерных материалов в водные объекты²².

Примеры поставщиков решения:

ООО «ПСК Геодор»

Аналоги: ООО «ПОЛИТЕХНОЛ» и иные компании, специализирующиеся на производстве геосинтетических материалов и конструкций для инфраструктурного строительства.

²²Подробнее о микропластике см. Есюкова Е.Е., Чубаренко Б.В., Бурнашов Е.М. Геосинтетические материалы как источник загрязнения пластиковым мусором морской среды // Региональная экология. – 2018. – № 3(53). – С. 15-28. – DOI 10.30694/1026-5600-2018-3-15-28.

Близкие решения:

В частности, в условиях слабых донных грунтов и экстремально короткого периода навигации и строительных работ в Арктике (ЯНАО) для укрепления подпричальных пространств используют габионно-сетчатые изделия (матрацы Рено и пр.²³), выполненные из сетки двойного кручения и представляющие собой прямоугольные объемные конструкции, как правило, с крышкой малой высоты и большой площадью поверхности. Для заполнения конструкций в условиях дефицита местного скально-обломочного материала могут использоваться породы из регионов СЗФО (откуда отправляется большинство морских арктических рейсов), для доставки — Севморпуть.

В сложных климатических, геологических и гидрологических условиях целесообразно применение смежных технологий

Для защиты территорий на берегах рек, озер, водохранилищ, а также уязвимых склонов (в том числе склонов прудов-накопителей, площадок полигонов накопления отходов, железных и автомобильных дорог, территорий курортов и спортивных объектов) часто используются обычные габионы.

Следует иметь в виду, что строительство объектов в сложных климатических, гидрологических, инженерно-геологических условиях требует высокой квалификации как проектировщиков, так и поставщиков материалов и конструкций, а также подрядчиков, ответственных за выполнение строительно-монтажных работ. Известны прецеденты отступления от технологии или нарушения процедур инженерно-геологических изысканий, в результате чего происходил преждевременный выход из эксплуатации возведенных объектов²⁴.

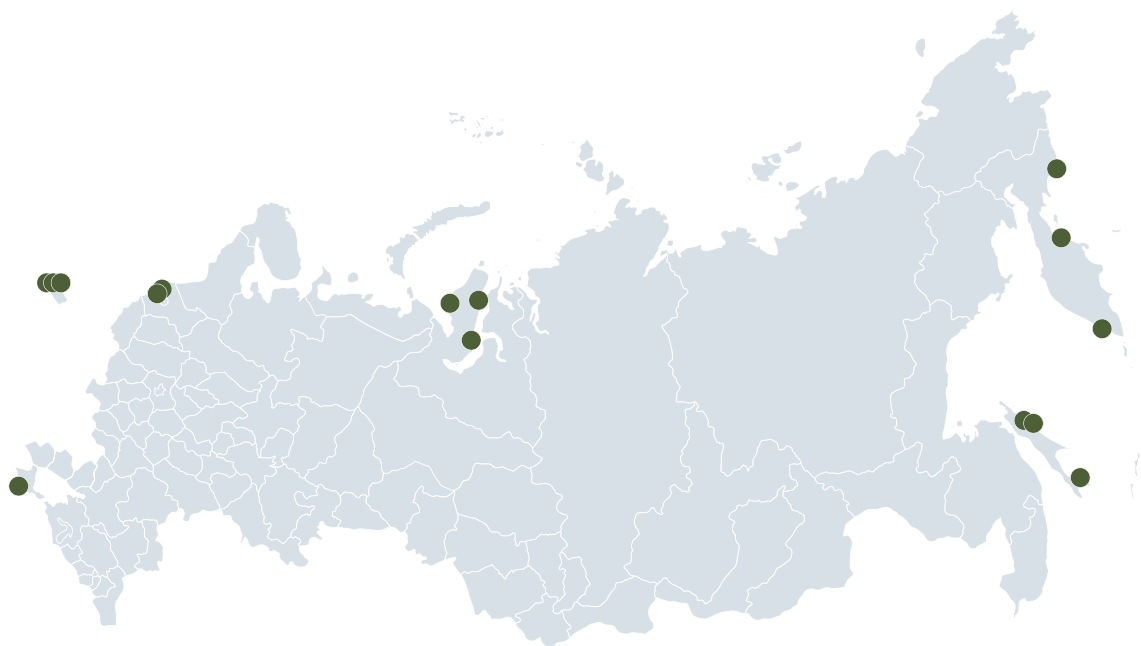
Многие из применяемых сегодня эффективных защитных конструкций разработаны в странах Европы. Кроме того, именно зарубежные компании в 1990–2000-е становились ключевыми участниками, обеспечивающими трансфер технологий и оптимизацию инженерных решений²⁵.

Вне зависимости от внешнеполитической конъюнктуры следует изучать опыт мировых лидеров в части разработки и строительства защитных конструкций и материалов для них и адаптировать его с учетом отечественных физико-географических и регуляторных условий

²³Для некоторых решений управление климатическими рисками является составной частью общей маркетинговой стратегии вывода и продвижения продуктов на рынке (как в России, так и за рубежом). Подробнее см. Арндт М., Масола Ф. Сохранение устойчивости климата при гидротехническом строительстве с помощью «Матрацев Рено Плюс» // Геоинфо. – 2022. – № 4. – С. 32-39.

²⁴Шестаков В.Н., Марков А.С., Калушин М.Д. Причины обрушения берегозащитного сооружения из коробчатых габионов и матрацев Рено у моста через р. Омь в г. Калачинске // Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации : Сборник материалов II Международной научно-практической конференции, Омск, 15-16 ноября 2017 года / Министерство образования и науки Российской Федерации, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)». – Омск, 2017. – С. 222-225.

²⁵Шеина Т.В., Авдеев Е.А. Габионные и армогрунтовые конструкции // Градостроительство и архитектура. – 2017. – Т. 7, № 3(28). – С. 50-56.



● использование бигбэгов для берегоукрепления

Рис. 3. География использования бигбэгов и технологически родственных решений для укрепления участков морских берегов

Решение 7

Холодногнутые шпунты

Описание проблемы:

Реализация крупных инфраструктурных проектов требует обустройства постоянных и временных строительных конструкций и гидротехнических сооружений. Для их возведения регулярно используются шпунты и шпунтовые конструкции. Использование эффективных шпунтов может обеспечить защиту возводимых и эксплуатируемых объектов от негативного воздействия вод и геоморфологических процессов, а также улучшить экономику выполнения строительномонтажных работ

Отрасль

Инфраструктурное
строительство

Объект

Гидротехнические сооружения,
линейные объекты
(автомобильные дороги,
рельсовые пути, мосты)

Климатические риск-факторы

Климатообусловленные
геоморфологические
процессы, наводнения
и подтопление территории,
абразия, переработка берегов
материковых водоемов

География применения

ЦФО, ПФО, ЮФО,
СЗФО, ДФО

Описание технологии:

Холодногнутые шпунты производятся из черного металла. По сравнению с обычными шпунтами Ларсена отличаются увеличенными физическими размерами, геометрическим разнообразием, увеличенным разрывным усилием, повышенной прочностью замкового соединения.



Рис. 4. Профили холодногнутых многогранных шпунтов Grani / Grani Pro

Экономические эффекты применения решения:

Металлоемкость холодногнутых шпунтов на 30–33% меньше, что обеспечивает экономию при транспортировке. Также холодногнутые шпунты обеспечивают кратно большее число циклов повторного использования (погружения и выемки), не требуют дополнительного применения герметиков и полной проварки шпунтовых замков, что обеспечивает переход к экономике замкнутого цикла и значительный — до 16% — рост производительности труда при выполнении строительно-монтажных работ.

Общие затраты на участок длиной 100 м могут составить 8 млн рублей²⁶. Общая финансовая экономия при применении холодногнутых шпунтов Grani достигает 20%.

Примеры поставщиков решения:

ПАО «Северсталь» (единственный производитель холодногнутых шпунтов)

Аналоги: возможно применение шпунтов и шпунтовых конструкций иных производителей (ПАО «Евраз», АО «ЗТЗ»). ООО «Профиль ГФ» также предлагает каталог шпунтовых систем, оптимизированных для решения разнообразных задач — от обустройства котлованов до сооружения портовых и причальных сооружений в суровых условиях Арктики.

²⁶В ценах конца 2024 года.

Решение 8

Жилищное строительство с использованием технологии стального каркаса (тяжелых металлоконструкций)

Описание проблемы:

Уменьшение несущей способности грунтов существенно усложняет строительство нового жилья в регионах Крайнего Севера. Кроме того, экономику строительных проектов ухудшают производственно-логистические проблемы и ограниченный строительномонтажный сезон. Строительство жилых домов с применением металлокаркаса обеспечивает как уменьшение массы возводимых зданий (на 50–80% по сравнению с аналогами), так и упрощает доставку строительных конструкций в удаленные города Арктики. Монтаж металлоконструкций может производиться в холодное время года, при этом общий срок строительства может быть сокращен на 10–40%.

Отрасль

Жилищное строительство

Объект

Жилые
(многоквартирные) дома

Климатические риск-факторы

Деграляция многолетнемерзлых пород (уменьшение несущей способности), ухудшение условий выполнения строительных работ как в холодное, так и в теплое время года

География применения

Вся территория России

Описание технологии:

Производство несущих металлоконструкций выполняется на металлообрабатывающих предприятиях. Их соединение производится с помощью крепежа или сварочных работ. В качестве стеновых модулей могут использоваться разнообразные (в том числе комбинированные) решения. Здания, выполненные на базе металлоконструкций, практически не имеют ограничений по этажности: в России построены как 2–4-этажные дома, так и дома высотой 20, 30 и 80 этажей.

Экономические эффекты применения решения:

Выход дополнительной полезной коммерческой площади может составлять 5%. Сокращение численности рабочих на площадке по строительству типового многоэтажного дома может достигать 20%²⁷. Снижение объемов фундамента может достигать 20%. Металлокаркас позволяет возводить жилые дома в сейсмически опасных районах: здания выдерживают землетрясения до 9 баллов.

Общая экономия для застройщика составляет 10–12% (и может достигать 20% с учетом оптимизации технологических решений и особенностей локаций на отдельных проектах).

Строительство с использованием металлокаркаса обеспечивает сокращение образования отходов. Конструкции и материалы здания после вывода их из эксплуатации могут быть вовлечены в переработку без значительного ущерба окружающей среде

Примеры поставщиков решения:

ПАО «Северсталь», ПАО «Евраз», ООО «Ферро-Строй»
Аналог: ООО «Новинский ЗМК»

Близкие решения:

Наряду с тяжелым металлокаркасом могут применяться легкие стальные тонкостенные конструкции (ЛСТК). Наиболее актуальны они для возведения жилых домов средней этажности (от 1 до 6 этажей), а также комплексных средств размещения, объектов социальной инфраструктуры, малой коммерческой инфраструктуры (небольших складов, цехов, магазинов, теплиц), административных зданий.

²⁷Заметный рост производительности труда имеет особое значение на фоне зафиксированного в 2010–2020е годы снижения производительности в строительном секторе. См. также презентацию выступления директора ИНП РАН Широва А.А. на Губернаторских чтениях на тему «Российский рынок труда: дисбалансы и перспективы» (URL: <https://ecfor.ru/publication/rossijskij-rynok-truda-strukturnye-sdvigi/>, дата обращения: 01.09.2025).

В числе крупнейших проектировщиков и поставщиков ЛСТК: ООО «Андромета», ООО «ПФ Арс-Пром», ООО «ДорХан Северо-Запад», ООО «ПК Веста», ООО «Профстальдом», ПАО «Северсталь» и пр.

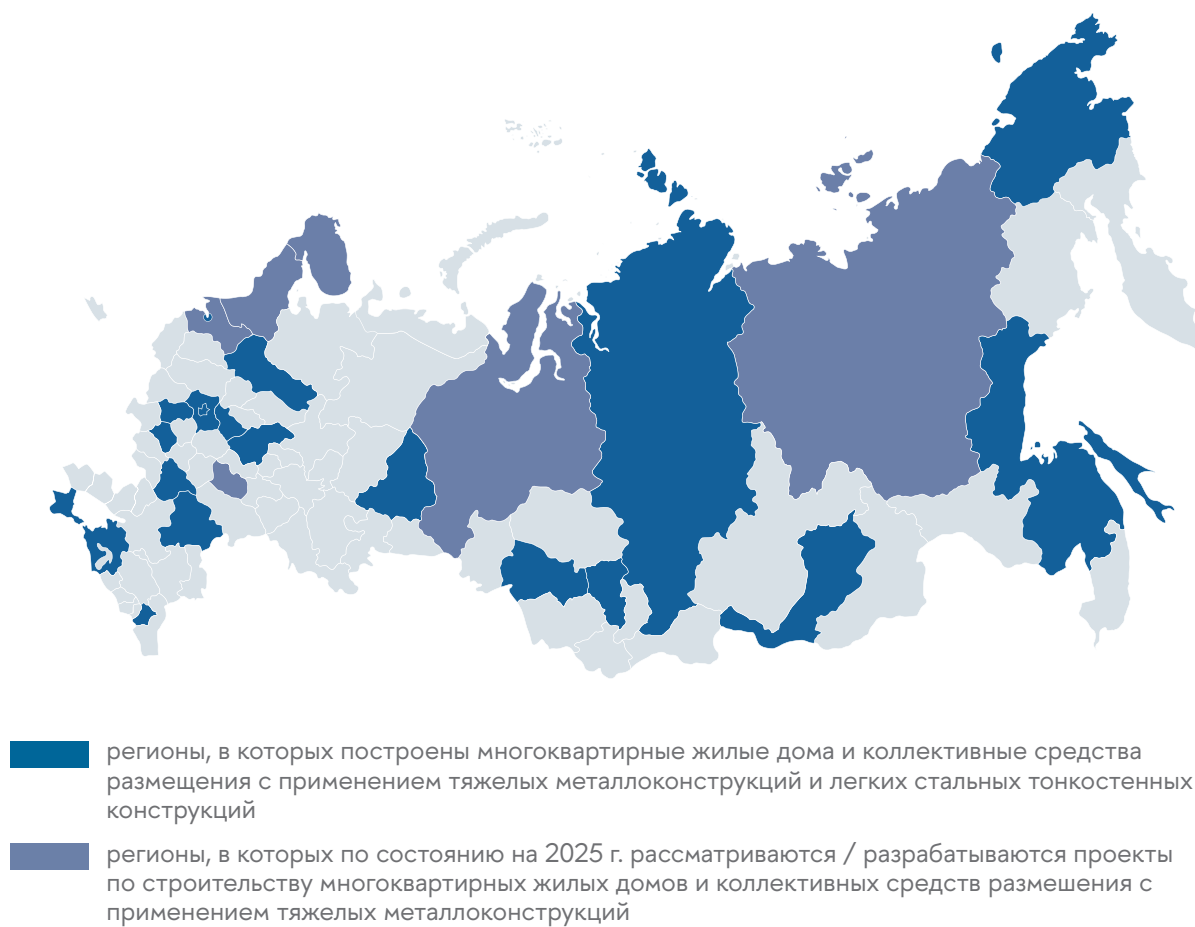


Рис. 5. География многоэтажного жилищного строительства с применением металлокаркаса

Решение 9

Применение полимерно-битумных вяжущих смесей для дорожных одежд

Описание проблемы:

В автомобильных дорогах в качестве элементов дорожной одежды используются нефтяные вязкие битумы. При этом при низких отрицательных температурах, характерных для 85% территории России, нефтяные битумы непригодны для использования в качестве дорожных вяжущих. Минимальные зимние температуры наиболее холодных суток на 96% территории России достигают значений ниже -25°C , а на 65% территории — ниже -35°C , при этом температура хрупкости традиционных нефтяных дорожных битумов, определяемая по методу Фрааса, как правило, составляет около -18°C . В условиях роста продолжительности неблагоприятных для материалов погодных условий (аномально-высоких температур, интенсивных осадков, увеличения числа переходов через отметку 0°C) отмечается ускоренное повреждение и разрушение дорожных покрытий.

Отрасль

Инфраструктурное строительство

Объект

Конструкции / материалы для инфраструктурного строительства

Климатические риск-факторы

Интенсивные осадки, экстремальные температуры, переход «через ноль»

География применения

СЗФО, УФО

Описание технологии:

Полимеры придают вяжущим битумным смесям эластичность, обеспечивают большую эластическую деформацию.

Высокие характеристики по теплостойкости и трещиностойкости, устойчивости к старению и расслаиванию обеспечивают надежность и долговечность конструкций, требования безопасности движения. Полимерно-битумные смеси специального назначения хорошо зарекомендовали себя на различных объектах во всех дорожно-климатических зонах: при устройстве верхнего слоя асфальтобетонных покрытий аэродромов, при строительстве, реконструкции и ремонте особо важных участков мостов.

Цель применения различных классов полимерных модификаторов — улучшение основных показателей полимерно-битумных вяжущих (ПБВ): увеличение температуры размягчения, снижение температуры хрупкости, улучшение адгезии

Экономические эффекты применения решения:

Эффект от применения ПБВ доказан в процессе испытаний и исследований:

- увеличение стойкости к колееобразованию на 50–150%;
- снижение отрицательных температур растрескивания на 30–50%;
- увеличение стойкости к появлению усталостных трещин в десятки раз, к появлению отраженных трещин — на 50%, к истиранию шипованной резиной — на 50%;
- увеличение долговечности минимум на 50%.

Применение полимерно-битумных вяжущих для участков дорог, входящих в федеральный проект «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства», характеризуется высокой экономической эффективностью (до 15–20%) на протяжении 25-летнего жизненного цикла эксплуатации дорожного полотна, что эквивалентно 3,6 млрд руб. экономии по сравнению с использованием традиционных битумных смесей²⁸.

Примеры поставщиков решения:

Российские нефтяные компании.

²⁸Гужов С.А и др. Методика оценки экономической эффективности применения полимерно-битумных вяжущих // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2021. – № 12(109) – С. 60–68.

Решение 10

Высокопрочные противокаменные сетки

Описание проблемы:

В условиях изменений климата, в том числе роста числа и интенсивности осадков, растёт интенсивность поверхностных процессов. На участках населенных пунктов, дорог и карьеров с опасными горно-геологическими условиями это может приводить к осыпанию пород, что может представлять опасность для людей, инфраструктуры, производственных процессов.

Отрасль

Инфраструктурное строительство

Объект

Склоновые участки в населенных пунктах, вдоль трасс и железных дорог, на объектах добычи полезных ископаемых

Климатические риск-факторы

Интенсивные осадки, сели, оползни, термический стресс

География применения

Вся территория России

Описание технологии:

Укрепление опасных участков склонов, как прилегающих к территории населенных пунктов и дорогам, так и расположенных в карьерах, используют противокамнепадные сетки (камнеулавливающие сетки, противообвальные завесы, противокамнепадные драпировки). Подобные системы защиты от камнепадов, осыпей, обвалов снижают кинетической энергии перемещающегося кусков породы (направляя их в зону аккумуляции у подножия склона), обеспечивают стабилизацию склонов и откосов, минимизируют эрозию.

Решение минимизирует опасность камнепадов при воздействии климатических, сейсмических, а также технологических рисков (например, буровзрывных работ или длительной вибрации)

В зависимости от особенностей опасного участка сетки могут закреплять как на протяжении всего склона, так и только в верхней и нижней его части. При этом в верхней части завесу, как правило, на несколько метров заводят за бровку склона. Монтаж производят с помощью анкеров и/или канатов.

Изготавливают сетки из стальной оцинкованной проволоки толщиной от 2,5 до 5 мм; диаметр ячеек может находиться в широком диапазоне от 50 до 350 мм (редко — больше); опционально в сетки могут быть вплетены дополнительные стальные канаты (обычно с шагом от 30 до 200 см).

После установки необходим регулярный мониторинг состояния склонов и созданной защитной инфраструктуры. На добычных объектах осмотр выполняют, как правило, раз в 3–6 месяцев; в иных локациях — не менее одного раза в год, при отсутствии изменений состояния склонов интервал между осмотрами можно увеличить до 2 лет.

Экономические эффекты решения:

Стоимость противокамнепадной защиты зависит от площади опасного участка и горно-геологических условий. Известны объекты стоимостью более 200 млн. рублей. Однако стоимость потерь от обвалов горных масс в карьерах или в районах прохождения федеральных трасс и железных дорог может быть многократно больше.

Примеры поставщиков решения:

ООО «ЮниФенс», ООО «СЭС», ООО «ГеоСтрой», ООО «Гео-Барьер».

Близкие решения:

Наряду с монтажом противокампедных сеток возможно обустройство специальных дамб, галерей, траншей²⁹. Существенно можно снизить риск осыпей, селей, обвалов с помощью озеленения склонов. На небольших склоновых участках с подвижным грунтом часто применяют технологически близкие сеткам габионные конструкции.

Дополнительные комментарии:

Сетка — популярный тип защитной конструкции, позволяющий минимизировать негативное воздействие различных климатических рисков. В регионах ЮФО и СКФО для защиты фруктовых садов и виноградников от града применяют специальные противоградные сетки, изготовленные из полимеров (крупнейший производитель — ООО «Бетанет»).

²⁹Защита территорий от камнепадных процессов : учеб. пособие / М. Б. Мариничев, А. В. Макушева. – Краснодар: Изд-во ИЦ МНИФ «Общественная наука», 2017. – 97 с.

5.3. Обеспечение безопасности жизнедеятельности и производства

Решение 11

Термостабилизаторы грунта

Описание проблемы:

В связи с глобальным потеплением все более остро стоит проблема таяния многолетней мерзлоты (уменьшения несущей способности многолетнемерзлых пород). Негативный вклад вносит и тепловое воздействие от эксплуатируемых зданий и сооружений. Потеря устойчивости оснований зданий и сооружений, а также линейных объектов, расположенных в условиях многолетнемерзлых пород, — одна из основных проблем, стоящих перед строителями и операторами инфраструктуры в регионах Крайнего Севера.

Кроме того, известны многочисленные примеры проектирования и возведения крупных инфраструктурных и производственных объектов в 2000–2010-х гг. без учета мероприятий для поддержания мерзлого состояния грунтов²⁹. Неизбежный при эксплуатации сооружений процесс растепления мерзлых грунтов и, как следствие, образование чаши оттаивания становится большой проблемой для операторов объектов и, в свою очередь, требует внедрения решений по термостабилизации грунтов.

Отрасль

Инфраструктурное строительство

Объект

Конструкции / материалы для инфраструктурного строительства

Климатические риск-факторы

Глобальное потепление, деградация многолетнемерзлых пород (уменьшение несущей способности)

География применения

СЗФО, УФО, СФО, ДФО

Описание технологии:

Хладагент в стабилизаторе грунта при низких температурах воздуха конденсируется в ребристом радиаторе-конденсаторе, расположенном в верхней части стабилизатора, затем естественным путем стекает в нижнюю, испарительную часть, где отбирает теплоту грунта, охлаждая его ниже температуры замерзания, и одновременно испаряясь, попадает в верхнюю часть стабилизатора. Термостабилизатор грунта устанавливают в специальной небольшой скважине и после монтажа он начинает действовать как теплообменник. Теплоприток от грунта через металлическую стенку корпуса поступает к хладагенту и далее выносится им в конвективном потоке через конденсатор в атмосферу.

Термостабилизатор грунта представляет собой трубчатую бескомпрессорную холодильную машину, использующую естественные конвекционные свойства хладагента при наличии градиента температур между слоем вечной мерзлоты и наружным воздухом

Чаще всего применяют вертикальные и горизонтальные термостабилизаторы. Возможно применение иных конструкций (сезонно-действующих охлаждающих устройств): наклонных, термосифонов для больших глубин, вертикальных трубчатых систем, горизонтальных трубчатых систем, термосвай и пр.

Для сезонно-охлаждающих устройств в зависимости от конструкции могут варьироваться как глубина подземной части, так и площадь замораживания (обычно от 200 кв. метров). При этом следует учитывать радиус эффективного действия конкретных изделий для обеспечения термостабилизации, в противном случае обеспечить необходимые температуры грунтов невозможно³⁰.

Экономические эффекты применения решения:

Для вертикальных термостабилизаторов:

- сокращение затрат при строительстве оснований и фундаментов до 3 раз;
- повышение несущей способности свайных фундаментов в 3–6 раз;
- возможность поддержания постоянного температурного режима в основаниях

²⁹Например, ангар для техники в аэропорте Сабетта, вахтовый поселок перевалочной базы для временного размещения персонала морской платформы «Приразломная» на Варандее. Подробнее см. Гамзаев Р.Г., Кроник Я.А. Системы термостабилизации грунта при строительстве в криолитозоне // Материалы Пятой конференции геокриологов России, Москва, 14-17 июня 2016 года. – Москва: «Университетская книга», 2016. – С. 245-252.

³⁰Жабин В.Ю., Цвицинский А.Л. Работа систем термостабилизации грунтов на производственных объектах Уренгойского нефтегазоконденсатного месторождения // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2019. – № 1(109). – С. 77-82.

сооружений и регулирования температурного режима в установленных интервалах температур.

Для горизонтальных термостабилизаторов:

- экономическая эффективность оценивается на уровне снижения затрат при строительстве и эксплуатации на 20%–50%.

Примеры поставщиков решения:

ООО «НПО «Север», ООО «НПО «Фундаментстройаркос»

Аналоги: ООО «НФ-Комплектация», ООО «Асбестовский котельно-машиностроительный завод»

Близкие решения:

Термостабилизаторы — лишь одно из множества решений, обеспечивающих снижение температуры грунтов и сохранение их несущей способности. В числе иных решений, широко или ограниченно используемых:

- солнцезащитные навесы;
- обустройство дополнительных вентканалов (применяется в первую очередь на искусственных насыпях);
- обустройство слоев из теплоизоляционных материалов.

Наконец, в отдельных случаях эффективной практикой считается уборка снега.

Дополнительные комментарии:

Таким образом, каждую задачу по обеспечению термостабилизации грунтов в районе расположения конкретного объекта можно рассматривать как уникальную, а экономические потери при игнорировании проблемы уменьшения несущей способности грунтов или выборе ошибочного решения по термостабилизации могут измеряться миллиардами рублей. Таким образом, для принятия управленческих решений необходимо не только задействование современных серийных или уникальных разработок, но и привлечение высококвалифицированных специалистов.

По мнению ряда экспертов, алгоритм принятия оптимальных проектно-технических решений и методика оценки эффективности применения технологии термостабилизации не в полной мере изучены и отражены в научно-технической и нормативной литературе

Решение 12

Системы обогрева кровель

Описание проблемы:

Появление наледи и сосулек на крыше и водостоках, повреждение и разрушение кровли и водосточной системы под действием снега и льда в зимний период представляют угрозу жизни и здоровью людей, а также наносят ущерб имуществу, мобильной технике, оборудованию.

Отрасль

Коммерческое строительство

Объект

Решения для коммерческого строительства

Климатические риск-факторы

Рост количества резких переходов температуры через отметку 0 °С в течение суток, сильные снегопады

География применения

ЦФО, СФО, ДФО, СЗФО, ПФО

Описание технологии:

Основная задача подобных систем — предотвращать образование сосулек и наледи, а также обеспечивать свободный отток талой воды, что снижает риск повреждения кровли и зданий.

Российские системы обогрева кровель основаны преимущественно на технологии саморегулирующегося или резистивного греющего кабеля, который укладывается в зонах повышенного риска образования наледи: на краях кровли, в водосточных желобах, трубах, водосборных воронках

Основные компоненты системы обогрева кровли обычно включают:

- нагревательные элементы:
 - резистивные кабели — равномерно нагреваются по всей длине, просты в установке, но менее энергоэффективны;
 - саморегулирующиеся кабели — меняют интенсивность нагрева в зависимости от температуры окружающей среды. Более экономичны и долговечны;
 - тепловые маты — кабели, закрепленные на сетке, удобные для монтажа на плоских поверхностях.
- система управления:
 - терморегуляторы — автоматически включают и выключают систему в зависимости от температуры;
 - мини-метеостанции / датчики температуры и влажности — для измерения температуры, влажности, осадков, что позволяет более точно управлять системой.
- распределительные коробки (используются для подключения нагревательных кабелей к электрической сети и системе управления);
- крепежные элементы (клипсы, зажимы, монтажная лента и другие приспособления для фиксации кабелей на кровле и в водостоках);
- защитные устройства (устройства защитного отключения, автоматические выключатели для обеспечения безопасности системы).

Экономические эффекты применения решения:

- экономия средств на очистку крыш от снега и сосулек;
- экономия ущерба от падения обледенелых масс с крыши на придомовую территорию (травмирование людей, порча имущества);
- экономия расходов на ремонт крыши в летний период.

Сокращение расходов на очистку крыш традиционными способами, а также их ремонт в летний период по отношению к затратам на закупку системы обогрева кровли, ее монтаж и использование электричества на весь период срока службы в зависимости от локации может колебаться в диапазоне от 25 до 75%. Кроме того, существенно снижаются риски повреждения и обрушения кровель (ущерб от таких инцидентов может достигать 200 млн рублей для складских и производственных комплексов).

Примеры поставщиков решения:

ООО «Тепловые системы», ГК «Терм», ООО «Теплокабель-М» и другие производители.

Дополнительные комментарии:

Обустройство систем обогрева кровель — не единственное решение, минимизирующее риски и расходы при зимней эксплуатации крыш различных зданий. Так, для нормализации температурного и влажностного режима, уменьшения обледенения свесов, предупреждения износа кровельных материалов на скатных крышах возможно выполнение одного или нескольких действий в рамках модернизации фондов, текущих эксплуатационных мероприятий и плановых ремонтов:

- теплоизоляция вентканалов;
- теплоизоляция трубопроводов и систем отопления;
- расчистка систем водоотведения;
- обустройство гидрофобных композиций;
- эксплуатация слуховых окон для обеспечения проветривания чердаков (при наличии)³¹.

³¹Моторин В.М., Прямых С.И., Буяков С.Н. [и др.]. Проблемы эксплуатации зданий с двускатными кровлями в зимний период // Труды Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. – 2013. – № 641 – С. 175-178.

Решение 13

Смазочные материалы для транспорта и спецтехники

Описание проблемы:

Повышение энергоэффективности — один из основных приоритетов российских предприятий разных отраслей. Значительная часть расходов при этом связана с закупкой горюче-смазочных материалов (ГСМ) и ремонтом мобильной техники и стационарного оборудования. Подбор смазочных материалов, обеспечивающих как сокращение потребления ГСМ, так и увеличение межремонтного интервала, а также сокращение простоев от перегрева (иногда — переохлаждения) техники — одна из опций, улучшающих экономические показатели предприятий. При этом, в зависимости от отраслевой принадлежности, потребителя могут интересовать моторные, трансмиссионные, компрессорные, гидравлические, редукторные и универсальные масла и смазки.

Отрасль

Транспорт, тяжелая промышленность

Объект

Мобильная техника и промышленное оборудование

Климатические риск-факторы

Аномально низкие / аномально высокие температуры

География применения

Вся территория России

Описание технологии:

Оптимально подобранные масла и смазки могут увеличить ресурс отдельных узлов (при сокращении количества продуктов износа), а также обеспечить экономию топлива.

Подбор ГСМ — нетривиальная процедура, выполняемая на предприятиях с учетом используемого парка техники, уровня загрузки, климатических особенностей, а также иных пользовательских сценариев

Современные разработчики масел и смазочных материалов предлагают различные решения с использованием как органических, так и неорганических компонентов (например, соединений железа, меди, цинка), добиваясь тем самым различных физико-химических характеристик, в том числе более высокой вязкости, стойкости к окислению, гидролитической стабильности и пр.

Экономические эффекты применения решения:

Оптимально подобранные масла и смазки могут обеспечить сокращение расхода топлива до 15%, сокращение инцидентов, связанных с перегревом (переохлаждением) — до 10%, снижение количества продуктов износа — до 80%. Техника с современными пластичными смазками функционирует при температуре $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ³².

Попутно могут быть достигнуты разнообразные экологические и климатические эффекты, включая снижение выбросов остаточных углеводородов и пленочных нефтепродуктов, снижение температуры выхлопных газов.

Примеры поставщиков решения:

ООО «ТАИФ-СМ», ООО «Куппер», ООО ПК «Технология»

Аналоги: продукция российских вертикально-интегрированных нефтяных компаний

³²Максимова Ю.М., Шахматова А.С., Ильин С.О. [и др.] Реологические и трибологические свойства пластичных смазок на основе сложных эфиров и уреатных загустителей // Нефтехимия. – 2018. – Т. 58, № 6. – С. 720-726.

Решение 14

Устойчивая к опасным гидрометеоявлениям светотехника

Описание проблемы:

Подавляющее большинство уличных систем освещения подвержены негативному воздействию различных риск-факторов, в том числе гололедно-изморозевых отложений, сильных ветров, аномально высоких / низких температур, осадков. Как следствие, до 20% светильников выходят из строя в первый год эксплуатации из-за физической деформации или перегрева; кроме того, часть светильников существенно теряет в эффективности, что в свою очередь негативно сказывается на эффективности производственных процессов и безопасности движения. При этом современные потребители предъявляют высокие требования как в части цены закупки, так и в части энергоэффективности светотехники.

Отрасль

Энергетика

Объект

Уличные системы
освещения

Климатические риск-факторы

Гололедно-изморозевые
отложения

География применения

Вся территория России

Описание технологии:

Прогрессивные разработчики светотехники предлагают различные энергоэффективные решения, включая светильники с технологией пассивного отведения тепла, с самоочищающимися платформами, с конструкциями без неразборных соединений.

Светильники с более высокой светоотдачей, в свою очередь, могут рассматриваться как решения для минимизации негативного воздействия ряда климатических факторов (осадков, туманов и пр.)

Экономические эффекты применения решения:

Сокращение затрат на обслуживание и замену — до 20% (в том числе сокращение расходов при обледенении и перегреве — до 100%).

Сокращение расходов на электроэнергию — до 20%.

Примеры поставщиков решения:

ООО «Ластер», ООО «Световые технологии», ООО «МСК «БЛ ГРУПП»



Рис. 6. Энергоэффективная светотехника с системой пассивного охлаждения («Ластер»)

Решение 15

Биопрепараты-нефтедеструкторы для ликвидации последствий разлива нефти и нефтепродуктов

Описание проблемы:

В условиях износа инфраструктуры как добычи, так и системы нефтепродуктообеспечения, включая транспортную, возрастает риск загрязнения почвы и водоемов нефтью и нефтепродуктами. Негативное воздействие хронических и острых климатических риск-факторов (уменьшение несущей способности многолетнемерзлых грунтов, ухудшение условий навигации, экстремальные ветровые нагрузки, наводнения) лишь повышает вероятность разливов и попадания нефти и ГСМ в окружающую среду. Процессы биодegradации нефти и нефтепродуктов в условиях Крайнего Севера идут медленнее и, как следствие, арктические почвы отличаются пониженной способностью к самоочищению³³. Также имеют значение такие факторы, как кислотность среды и окислительно-восстановительные условия, освещение, давление, химический состав конкретных нефтей и нефтепродуктов и пр³⁴.

Отрасль

Энергетика

Объект

Система нефтепродуктообеспечения

Климатические риск-факторы

Дegradация многолетнемерзлых пород

География применения

УФО, СФО, ДФО

Описание технологии:

Для эффективной ликвидации последствий разливов нефти и нефтепродуктов могут использоваться различные технологические решения. В их числе — биопрепараты для ликвидации загрязнений. Их достоинства — эффективное разложение нефти, биоразлагаемость самих препаратов без образования токсичных веществ в качестве промежуточных или конечных продуктов, высокая степень очистки воды и почв (до 98%).

Большинство биопрепаратов работают в широких температурных диапазонах; некоторые сохраняют эффективности даже при отрицательных температурах до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ³⁵

Биопрепараты можно получить с помощью различных методов, чаще всего используются различные варианты обезвоживания (иммобилизации штаммов).

Нередко используют комбинации суспензии на основе различных штаммов, а также биопрепараты в сочетании с местными сорбентами-носителями³⁶.

Экономические эффекты применения решения:

Биопрепараты сравнительно просты в хранении и транспортировке; их производство может быть увеличено по запросу со стороны клиентов. Нефтедеструкторы могут применяться в различных гидрологических и почвенных условиях (в том числе в значительном диапазоне кислотности (рН)). Оперативная ликвидация разливов с помощью биопрепаратов обычно также сокращает последующие расходы на ремедиацию и рекультивацию.

Примеры поставщиков решения:

ООО «АльфаХимПром», ООО «НПО Эко Ойл Сервис», ООО «Сити Строй», ФГУП «ВНИГРИ».

Дополнительные комментарии:

Существуют решения, усиливающие эффективность нефтедеструкторов в определенных условиях. Так, для улучшения температурного и водного режимов почвы при

³⁵Глязнецова Ю.С., Зуева И.Н., Чалая О.Н., Лифшиц С.Х. Вопросы экологического мониторинга и реабилитации нефтезагрязненных почв арктической зоны Якутии // Арктика и Север. – 2012. – № 5. – С. 97-108.

³⁴Рогозина Е.А., Тимергазина И.Ф., Моргунов П.А. Очистка нефтезагрязненных почв бактериями рода *Pseudomonas* - основной биопрепаратов НАФТОКС 12-р и НАФТОКС 48-У // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2014. – Т. 9, № 2. – С. 14.

³⁵Необходимо учитывать, что биологическая активность бактерий при снижении температуры почвы также снижается, что естественным образом замедляет процесс разложения нефти и нефтепродуктов.

использовании аборигенной микрофлоры применяют светокорректирующие полимерные пленки³⁷.

На практике нередко используют биопрепараты совместно с естественными сорбентами (торфом, мхом, щепой и пр.)³⁸.

Нередко разработчики препаратов указывают, что сорбент с остатками нефтепродуктов может служить топливом или даже удобрением. Практически эти замечания не следует рассматривать как «апсайд» применения биопрепаратов: сжигание (в том числе с выработкой тепла) следует производить в специальных печах при высокой температуре с целью избежания образования токсичных продуктов³⁹, а удобрения в Арктической зоне РФ фактически не востребованы.

³⁶Глянцева Ю.С., Зуева И.Н., Чалая О.Н. [и др.] Влияние нефтеструктуров на деградацию нефтезагрязнения почв в субарктических условиях при аварийном разливе дизельного топлива «Арктика» // Наука и образование. – 2011. – № 1. – С. 66-71.

³⁷Филатов Д.А., Овсянникова В.С., Алтунина Л.К. Рекультивация нефтезагрязненных почв с применением светокорректирующих полимерных пленок // Экология и промышленность России. – 2010. – Октябрь. – С.32-35.

³⁸Кащеев Р.Л. [и др.] Вопросы реабилитации почв, загрязненных нефтепродуктами в условиях вечной мерзлоты // Актуальные проблемы военно-научных исследований. – 2021. – № 1(13). – С. 193-200.

³⁹Лисичкин Г.В., Кулакова И.И. Ликвидация аварийных разливов нефти: состояние и проблемы (обзор) // Журнал прикладной химии. – 2022. – Т. 95, № 9. – С. 1082-1110.

5.4. Энергетика

Решение 16

Применение возобновляемых источников энергии для энергоснабжения удаленных (в том числе инфраструктурных) объектов

Описание проблемы:

В данном случае технология выступает в первую очередь инструментом управления климатоуязвимыми процессами (в том числе сервисными работами по обслуживанию и эксплуатации удаленных объектов), во вторую — опцией использования дополнительных климатообусловленных возможностей. Увеличение количества солнечных дней и стока рек в результате изменения климата в отдельных случаях действительно открывает дополнительные возможности для использования возобновляемой энергетики, но большее значение имеет экономия на всей генерации и обслуживании отдельных труднодоступных объектов.

Отрасль

Энергетика

Объект

Решения для ВИЭ-генерации

Климатические риск-факторы

Увеличение количества солнечных дней, климатообусловленные нарушения цепочек поставок топлива

География применения

ЮФО, СКФО, ЦФО, СФО, ДФО, СЗФО, ПФО

Описание технологии:

Малые солнечные (СЭС), а также в отдельных случаях гидро- (ГЭС) и ветроэлектростанции (ВЭС) применяются для обеспечения электроэнергией отдаленных от электросетей потребителей, обеспечивая в том числе работу:

- телекоммуникационного оборудования;
- светофоров железнодорожных переездов;
- маяков;
- постов экологического и иного мониторинга;
- систем видеонаблюдения и фотофиксации;
- осветительных систем;
- установок для уничтожения вредителей и насекомых.

Автономная солнечная электростанция — независимый источник электроэнергии, предназначенный для питания электрооборудования напряжением постоянного тока 12 В или 24 В без необходимости подключения к электрической сети, который обладает следующими характеристиками и комплектацией:

- поликристаллическая кремниевая солнечная панель (эффективность солнечного модуля 18–22%; угол наклона солнечной панели от 35° до 80°) или несколько панелей; общая мощность объектов обычно в диапазоне от 0,4 до 60 кВт;
- инвертор;
- коннекторы;
- опционально — необслуживаемый AGM-аккумулятор, специальные опоры / корпуса / крепеж, системы самоочистки, трекинговые системы.

Типичный температурный режим работы малых СЭС — от –40 °С до +60 °С. Срок службы от 10 лет.

При использовании энергии речного потока обычно используются бесплотинные (проточные, погружные) микро-ГЭС. При использовании энергии ветра обычно используются малые ветрогенераторы различных конструкций

Экономические эффекты применения решения:

- снижение затрат на энергоснабжение, обеспечение автономного электропитания в удаленных и труднодоступных местах без необходимости подключения к централизованным электросетям;

- снижение затрат на обустройство генерации (не требует земляных работ для прокладки кабеля, экономично при транспортировке).

Примеры поставщиков решения:

ГК «Хевел»

Аналоги: «Соларсистемс», «Солартек», «Деалан-Энерго»

Близкие решения:

В ряде регионов Крайнего Севера и приравненных к ним применяются комплексные решения — автономные гибридные электроустановки (АГЭУ) в качестве бесперебойного источника электроэнергии для строительных объектов, производственных базисов, отдаленных населенных пунктов и инфраструктуры. АГЭУ, как правило, состоят из солнечных панелей и дизель-генераторов, иногда также ветрогенераторов и генераторов, работающих на биотопливе. Мощность таких объектов может достигать первых десятков МВт. Целесообразность эксплуатации АГЭУ обусловлена не только относительной простотой их строительства (в том числе в районах залегания многолетнемерзлых пород), но и экономией на доставке многотоннажных партий жидкого или твердого топлива в удаленные локации, что имеет особенное значение как в условиях короткой навигации в некоторых регионах УФО, СФО и ДФО, так и изменения гидрологического режима (в том числе обмеления) рек Сибири и Дальнего Востока. Крупнейшим оператором АГЭУ является ПАО «РусГидро» (десятки установленных и намеченных к реализации объектов в Республике Саха — Якутия, Сахалинской области, Камчатском крае⁴⁰).

Крайне редко для обеспечения электрогенерации применяются мини- и микро-ГЭС (обычно в горных районах)⁴¹.

Все перечисленные виды возобновляемой генерации подходят также для обеспечения работы исследовательских центров — научных и метеостанций, кордонов, систем мониторинга на особо охраняемых природных территориях, постов экологического мониторинга и пр.

⁴⁰Включая дочерние общества (ПАО «Якутскэнерго», ПАО «Сахалинэнерго», ПАО «Камчатскэнерго»).

⁴¹Авторы настоящего каталога обращают внимание читателя на следующее обстоятельство: к началу 2020-х годов значительная часть иностранных поставщиков оборудования для микро- и мини-ГЭС покинула российский рынок; из отечественных производителей свою деятельность продолжило лишь несколько фирм. При этом как в деловой, так и в научной литературе продолжают встречаться устаревшие или вообще ошибочные сведения о возможности использования решений иностранных компаний, а также решений, представленных исключительно в виде опытных (или вообще «бумажных») образцов – результатов прекращенной еще в 2010-е годы и ранее деятельности отдельных вузов, НИИ, НПО, а также т.н. «стартапов» и «технологических предпринимателей». В меньшей степени то же можно сказать о решениях в области ветрогенерации.

Заслуживающей отдельного освещения проблемой также является «привычка» ряда дистрибьюторов выдавать оборудование зарубежного происхождения (как правило, китайское, в отдельных случаях индийское, израильское и др.) за российское.

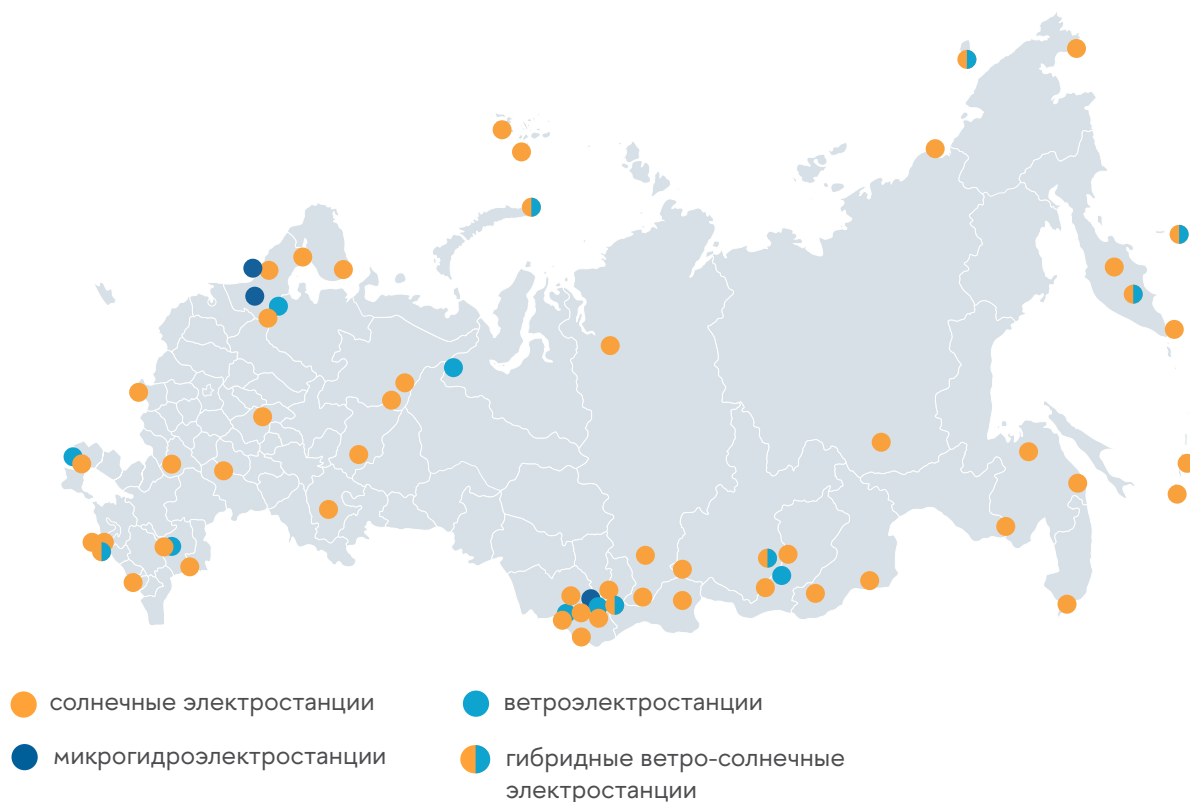


Рис. 7. География использования объектов ВИЭ-генерации в исследовательских центрах и узлах мониторинга

Принципиально иные климатические и технологические риски обеспечивают бурный рост автономной генерации в регионах Юга России, Черноземья, Поволжья: как физические лица, так и субъекты малого и среднего предпринимательства все чаще обращаются к идее обустройства солнечной генерации в связи с ростом стоимости электроэнергии и учащения аварий в условиях энергодефицита (в том числе в периоды наибольшего спроса на электроэнергию, например, при аномальной летней жаре, негативно сказывающейся на генерации электричества на крупнейших тепловых и атомных электростанциях и провоцирующей перегрузку линий электропередачи)⁴². Возможность установки солнечных модулей на крышах и стенах избавляет от необходимости приобретать или резервировать земельные участки. Окупаемость СЭС при нормальной эксплуатации в районе с достаточной продолжительностью солнечного сияния находится в диапазоне от 3 до 14 лет в зависимости от региональных условий и технологических особенностей.

⁴²См. также Белов С. Микрогенерация и микросети в сельской местности для эффективной трансформации электроэнергетики // Энергосбережение и ВИЭ. – 2025. – 3. – Стр. 62-75.

Решение 17

Системы мониторинга интенсивности гололедообразования

Описание проблемы:

Высокие гололедные нагрузки — один из рисков, влияющих на обеспечение надежности электроснабжения потребителей и отпуск электроэнергии генерирующими объектами. Накопление масс гололедно-изморозевых отложений (ГИО) на высоковольтных линиях может существенно превышать расчетные нагрузки, что делает необходимым проведение мероприятий по борьбе с обледенением. Повысить эффективность традиционного термического метода — плавки постоянным током — можно с помощью современных программно-аппаратных комплексов, обеспечивающих оператора сетевой инфраструктуры точными данными о ГИО.

Отрасль

Энергетика

Объект

Линии электропередачи

Климатические риск-факторы

Гололедно-изморозевые явления, сильные ветра

География применения

Вся территория России

Описание технологии:

На основании собранных данных, а также опционально данных, поступающих с метеостанций, выполняется расчет толщины ледяного покрова, благодаря чему оператор может принимать оптимальное решение о необходимости

запуска плавки льда, существенно повышая эффективность данной дорогостоящей процедуры. Интерфейс программного обеспечения позволяет пользователю контролировать ход и фактическую результативность плавки (в том числе изменение тяжения проводов).

Современные программно-аппаратные комплексы позволяют в режиме реального времени проводить измерение температуры и влажности воздуха, направления и скорости ветра, интенсивности осадков, температуры и натяжения проводов

Измерительные модули могут работать в автономном режиме до нескольких месяцев; также они могут быть оснащены солнечными панелями.

Экономические эффекты решения:

Практика показывает, что эксплуатация системы мониторинга интенсивности гололедообразования позволяет в 2–4 раза сократить количество аварийных эпизодов и аварийных отключений при гололедообразовании, а также затраты на осмотр и восстановление высоковольтных линий⁴³. В зависимости от климатических особенностей территории размещения сетевой инфраструктуры и технологических особенностей ее эксплуатации обеспечить окупаемость системы интенсивности гололедообразования можно за 1,5–3 года.

Примеры поставщиков решения:

ООО «МИГ», ООО «Спец КБП и СА», ГК Оптэн.

⁴³Титов Д., Цыбизов К., Шевцов А. Опыт эксплуатации системы мониторинга интенсивности гололедообразования «МИГ» на ВЛ 330 кВ Зарамагская ГЭС-1 – Нальчик в суровых климатических условиях // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2025. – № S3(38). – С. 16-29.

5.5. Сельское хозяйство

Решение 18

Селекция эфиромасличных культур

Описание проблемы:

Большинство эфиромасличных растений произрастает в тропических и субтропических регионах мира, что, с одной стороны, в принципе ограничивает применение зарубежного семенного и посадочного материала, с другой — в условиях изменения климата в субъектах ЮФО и СКФО требует продолжения селекционных работ относительно уже применяемых сортов и гибридов. При этом выращивание эфиромасличных культур не включено в общероссийские классификаторы экономической деятельности, что препятствует их статистическому учету, государственной поддержке и субсидированию.

Отрасль

Сельское хозяйство

Объект

Селекция

Климатические риск-факторы

Термический стресс

География применения

ЮФО,
отдельные проекты в СКФО

Описание технологии:

В десятки раз относительно начала 1990-х сократились площади, занятые эфиромасличными культурами (ценным сырьем для пищевой, фармацевтической, парфюмерно-косметической промышленности). При этом кратно вырос как импорт зарубежного сырья эфирносонов, так и готовой продукции, получаемой с использованием лаванды, шалфея, кориандра, мяты, розы и пр.

Сорта коллекции генофонда эфиромасличных, пряноароматических и лекарственных растений ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства (НИИСХ) Крыма» отличаются климатической стрессоустойчивостью и большим выходом полезной продукции⁴⁴. В частности, отличительной особенностью лаванды узколистной (сорт Вдала) является высокая урожайность соцветий (до 37%), высокое содержание эфирного масла (до 2,4%), устойчивость к заморозкам.

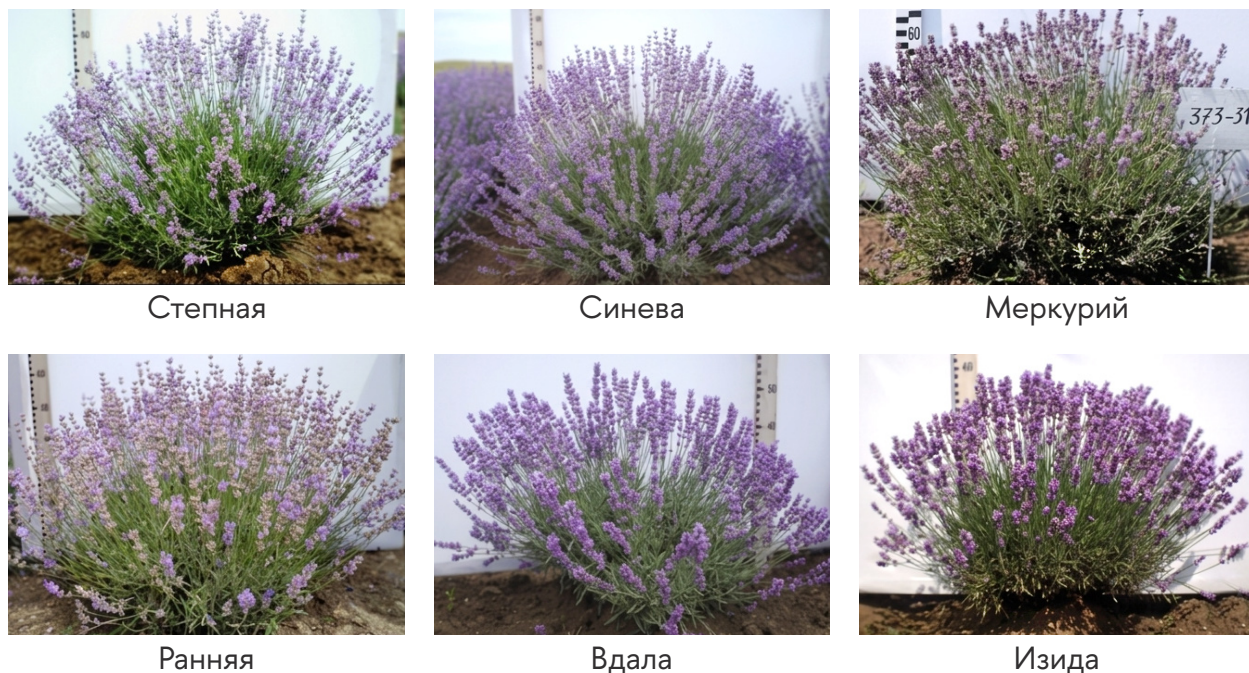


Рис. 8. Сорта крымской лаванды НИИСХ Крыма.

⁴⁴См. также: Специализированные коллекции эфиромасличных культур ФГБУН «НИИСХ Крыма» Роза эфиромасличная *Rosa L.* Шалфей мускатный *Salvia sclarea L.* Методические рекомендации по селекции и семеноводству (питомниководству) розы эфиромасличной и шалфея мускатного. – Симферополь : ООО «ИТ «Ариал», 2024. – 260 с.; Паштецкий В.С., Тимашева Л.А., Пехова О.А. [и др.]. Эфирные масла и их качество. – Симферополь : ООО «ИТ «Ариал», 2021. – 212 с.; Невкрытая Н.В., Кривда С.И., Бабанина С.С. [и др.]. Анализ коллекции кориандра посевного по селекционно-ценным показателям // Таврический вестник аграрной науки. – 2021. – № 2(26). – С. 167-177.

Кроме того, НИИСХ Крыма предлагает линейку разработок в части производства техники для сбора и технологий комплексной переработки эфирносоцветных культур — более 20 патентов в 2020-е годы, в том числе:

- элеваторные системы и системы сортировки;
- устройства для сушки семян;
- аппараты для паровой дистилляции эфирных масел;
- технологии получения эмульсий с эфирными маслами;
- разработанные рецептуры для получения конечных продуктов парфюмерно-косметической промышленности.

Экономические эффекты применения решения:

Обеспечение высоких урожаев эфиромасличных культур в условиях термического стресса и водоедефицита. Диверсификация деятельности обеспечивает устойчивое развитие малых и средних крымских агропроизводителей.

Продукт / вариант применения	Лаванда	Роза	Шалфей
Эфирное масло	да	да	да
Гидролат	да	да	да
Жирное масло			да
Применение соцветий в пищевой промышленности	да	да	да
– в том числе в кормопроизводстве	да		
Применение соцветий в парфюмерно-косметической промышленности	да	да	
Применение соцветий в фармацевтической промышленности	да	да	да
Прочее	производство сувениров	производство сувениров	

Сами посадки эфиромасличных культур нередко выступают в качестве туристических «точек притяжения».

По оценке специалистов, российский рынок лаванды обладает 40-кратным потенциалом роста потребления⁴⁵.

Примеры поставщиков решения:

ФГБУН «НИИСХ Крыма»

⁴⁵Мишнев А.В., Невкрытая Н.В. Эфиромасличная отрасль в Крыму. История и современность // Биологические особенности лекарственных и ароматических растений и их роль в медицине : сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию ВИЛАР, Москва, 23-25 июня 2016 года. – Москва: Щербинская типография, 2016. – С. 276-282.

Решение 19

Селекция сортов тритикале и распространение их посадок

Описание проблемы:

Климатические изменения могут приводить к увеличению частоты и продолжительности опасных агрометеорологических явлений, в том числе перепадов температур, резким наступлениям периодов заморозков, жары, засухи или дождей, вымоканию и выпреванию, распространению вредителей и болезней растений. Все это в комплексе с обеднением почв, наблюдаемым в ряде ключевых аграрных регионов России, приводит к необходимости разрабатывать новые, адаптированные к актуальным климатическим и почвенным условиям сорта злаковых, в том числе пшеницы, ржи и их гибридов, к которым относится тритикале⁴⁶.

Отрасль

Сельское хозяйство

Объект

Селекция злаковых культур
(тритикале)

Климатические риск-факторы

Термический стресс,
засухи, болезни растений

География применения

ЮФО, ЦФО, ПФО, СКФО

Описание технологии:

При выборе сорта необходимо исходить из задачи, которую он должен помочь решить. Для получения зернофуража преимущество имеют сорта Уралан, Хлебобоб, Валентин 90, для производства грубых и зеленых кормов — Богдо, Сват, Уралан.

Специалистами Национального центра зерна (НЦЗ) им. П. П. Лукьяненко собрана и изучена обширная коллекция тритикале и ржи, синтезированы первичные тритикале, разработаны и апробированы схемы селекционного процесса, создан 41 сорт тритикале озимой и 6 сортов яровой

Экономические эффекты применения решения:

По сравнению с популярными сортами пшеницы и другими сортами тритикале выход из зерна тритикале сорта Уралан на 2–19% выше. Сорт также дает высокий выход зеленой массы, обеспечивает превосходные показатели по количеству протеина на одну кормовую единицу.

Зерно тритикале может выступить перспективным сырьем для производства крахмала и крахмалопродуктов. Выход крахмала из зерна тритикале всех сортов значительно превышает выход крахмала из наиболее крахмалистых сортов ржи и пшеницы и доходит до 54%. Расширение производства фуражного зерна также можно обеспечить благодаря выращиванию тритикале. Зерно тритикале применяют как основной корм в рационе свиней, а для крупного рогатого скота, овец, бройлеров — в смеси с другими зерновыми кормами. Если 40% зерна в комбикормах будет составлять зерно тритикале, то привес свиней на откорме достигает 18–30% при экономии корма до 20%.

Сорт Уралан и ряд иных высокопродуктивных сортов тритикале, выведенных в Национальном центре зерна им. П. П. Лукьяненко, может обеспечить устойчивое растениеводство в условиях аридного климата.

Примеры поставщиков решения:

НЦЗ им. П. П. Лукьяненко

Аналоги: Северо-Кавказский ФНАЦ, ФИЦ «Немчиновка», НИИСХ ЦЧП им В. В. Докучаева, Северо-Донецкий ГСХОС, Главный ботанический сад РАН им. Н. В. Цицина, Башкирский НИИ земледелия и селекции полевых культур, Омский ГАУ, Саратовский ГАУ им. Н. И. Вавилова.

⁴⁶Подбор и расширение практики применения сортов и гибридов, наилучших образом адаптированных к текущим и ожидаемым агроклиматическим условиям, является одним из самых популярных мероприятий региональных планов адаптации к изменениям климата: в общей сложности более трети субъектов РФ указали подобные мероприятия в качестве приоритетных.

Решение 20

Селекция сортов гречихи

Описание проблемы:

Гречиха — культура, требовательная к теплу (и при этом не любящая жару) и постоянному поливу, отличающаяся сравнительно коротким вегетационным периодом (70–90 дней). Хотя гречиха в целом неприхотлива с технологической точки зрения, эта культура редко рассматривается аграриями в качестве основной⁴⁷, кроме того, гречиха требовательна к обработке почвы и уничтожению сорняков. В то же время гречиха обладает рядом очевидных достоинств: это источник гречневой крупы, хороший медонос, компонент для корма птиц и животных; также именно короткий вегетационный период позволяет использовать гречиху при пересеве, таким образом превращая культуру в своеобразную страховку для агропроизводителей. В ряде случаев гречиха может выступать как сидерат.

Отрасль

Сельское хозяйство

Объект

Селекция крупяных культур

Климатические риск-факторы

Термический стресс

География применения

ЦФО, ПФО, СФО

Описание технологии:

Активная селекция сортов гречихи ведется в первую очередь Всероссийским НИИ зернобобо-

Основная цель селекционных работ — создание высокоурожайных и скороспелых культур

вых и крупяных культур, а также некоторыми другими институтами. Основное внимание уделяется детерминантным сортам. Такие сорта отличаются укороченным стеблем, что способствует повышению устойчивости к полеганию. За счет дружного зацветания всех соцветий на побегах детерминантные сорта отличаются дружным созреванием.

Гречиха — достаточно влаголюбивая культура, требующая на формирование 1 т зерна в 2–3 раза больше воды, чем пшеница. Важным направлением селекции стало создание скороспелых сортов гречихи, которым требуется меньшее количество влаги. Распространение скороспелых сортов, потенциал урожайности которых достигает 3,6 т/га, позволяет стабилизировать производство гречихи в России. Кроме того, скороспелые сорта можно возделывать в занятых парах в качестве предшественника озимых культур. Гречиха актуальна как решение для вовлечения в хозяйственный оборот наименее плодородных полей.

Сорта гречихи Деметра, Девятка, а также перспективный сорт Даша отличаются высокими показателями урожайности и уборочного индекса, качества зерна, а также устойчивостью к полеганию.

Сорт гречихи Саулык является самым нектаропродуктивным сортом гречихи, устойчивым к полеганию, осыпанию и засухе.

Экономические эффекты применения решения:

Средняя урожайность сорта Дикуль (стандарт) в России составляет 1,74 т/га, средняя урожайность сорта Деметра — 1,98 т/га. Урожайность сорта Девятка подвержена несколько большим колебаниям в зависимости от региональных агроклиматических условий; в качестве среднего значения обычно указывают 1,7 т/га. При этом максимальная урожайность в регионах, допустимых для выращивания, может достигать 2,5–3,5 т/га.

Средняя фактическая урожайность в основных «гречишных» регионах РФ ниже — 0,75–1,45 т/га.

⁴⁷Более того, лишь в нескольких регионах гречихой заняты значительные площади в десятки и сотни тысяч га (Алтайский край и соседние регионы СФО, Республика Башкортостан, Оренбургская область, Воронежская область, Орловская область, некоторые регионы ЮФО; площади могут сильно колебаться от года к году).

Таблица 1 — Расчетная урожайность перспективного сорта гречихи Даша⁴⁸

Регион	Максимальная урожайность, т/га	Прибавка к сорту, т/га
Центральный	3,18	0,60
Центрально-Черноземный	3,61	0,22
Северо-Кавказский	1,92	0,29
Средне-Волжский	2,63	0,65
Нижне-Волжский	2,85	0,25
Уральский	3,56	0,72
Западно-Сибирский	3,75	0,95
Восточно-Сибирский	3,16	0,78

Примеры поставщиков решения:

ФГБНУ ФНЦЗКК, ФИЦ КазНЦ РАН

⁴⁸Фесенко А.Н. [и др.]. Новый сорт гречихи Даша // Земледелие. 2018. – N. 4. – С. 36-38.

Решение 21

Селекция сортов кукурузы

Описание проблемы:

Основные проблемы выращивания кукурузы в России связаны с климатическими факторами (засуха и избыток влаги), а также с болезнями и вредителями (стеблевой мотылек и фузариоз). Повышение температур и дефицит осадков в летний период приводят к снижению урожайности и гибели растений. Весенние или осенние обильные осадки могут вызвать переувлажнение почвы, что препятствует нормальному функционированию корней растений и их дальнейшему развитию. Перепады температур даже без заморозков могут привести к антоциановой (фиолетовой) окраске листьев, замедлению роста и снижению урожайности⁴⁶.

Отрасль

Сельское хозяйство

Объект

Селекция зерновых

Климатические риск-факторы

Термический стресс

География применения

ПФО, ЦФО, ЮФО, СФО

Описание технологии:

Селекционные сорта кукурузы Воронежский 192, Воронежский 220 СВ, Воронежский 279 СВ — холодо- и засухоустойчивые высокопродуктивные ранние сорта кукурузы, для которых характерны устойчивость к полеганию. Эти сорта обладают устойчивостью к поражению южным гельминтоспориозом и пузырчатой головней.

Средняя урожайность зерна сорта Воронежский 192 по Центральному региону составила 56 ц/га, максимальная — 60,1 ц/га. Сорт предназначен для посадки в Центральном, Центрально-Черноземном, Уральском и Западно-Сибирском регионах.

Для всех сортов характерны высокие растения с практически отсутствующей искривленностью стеблей, близкие по размеру початки, хорошая облиственность

Средняя урожайность сорта Воронежский 220 СВ в Центрально-Черноземном регионе составила 78,1 ц/га (+8,8 ц/га (+12,7% к стандарту)), максимальная — 117,7 ц/га. Данный сорт устойчив к стеблевой гнили и пузырчатой головне. В полевых условиях очень слабо поражен пузырчатой головней, слабо — бактериозом и стеблевым кукурузным мотыльком. Сорт предназначен для посадки в Центрально-Черноземном и Нижневолжском регионах.

Урожайность гибрида кукурузы Воронежский 279 СВ в условиях Воронежской области в конкурсном испытании составила 65 ц/га. Средняя урожайность зерна в Центрально-Черноземном регионе — 63,2 ц/га, нормализованного сухого вещества — 111,7 ц/га, что выше стандартов. Сорт предназначен для посадки в Центральном, Центрально-Черноземном, Уральском и Западно-Сибирском регионах.

Экономические эффекты применения решения:

Преимущества сортов кукурузы воронежского происхождения заключаются в их стабильной урожайности в условиях термического стресса, устойчивости к болезням и вредителям, а также адаптации к местным климатическим условиям.

Примеры поставщиков решения:

ФГБНУ ВНИИ кукурузы

Решение 22

Онлайн-платформы для повышения производительности сельского хозяйства

Описание проблемы:

Климатические изменения влияют на объемы урожая и его качество. Отсутствие комплексных систем мониторинга за состоянием полей, а также систематизированного анализа результатов не позволяет эффективно прогнозировать финансово-хозяйственную деятельность фермерских хозяйств.

Отрасль

Сельское хозяйство

Объект

Онлайн-платформы / база данных

Климатические риск-факторы

Комплексное изменение климата: температурный режим, осадки, состояние почвы

География применения

ЦФО, ПФО, ЮФО, СКФО

Описание технологии:

Онлайн-платформы способствуют обеспечению стабильного и качественного урожая, в том числе в сложных агроклиматических условиях или при воздействии ОГМЯ. Цифровые инструменты помогают оценить потенциальную урожай-

ность на ранних этапах, когда применение методов ручного сбора невозможно, а также быстро рассчитывать прогноз в динамике в зависимости от климатических условий и применяемой агротехники. Кроме того, собираемая статистика показывает фактическую эффективность выращивания культур в привязке к конкретным участкам, а сервисы продукта предоставляют рекомендации по корректировке севооборота⁴⁹.

Ряд современных онлайн-платформ также имеет сервисы по мониторингу цен на конкретные культуры, справочник средств защиты растений (СЗР) с возможностью поиска по наименованию, вредителям, болезням или культурам, мониторингу эксплуатации техники и пр.

Мониторинг и прогноз урожая осуществляется на основании различных параметров:

- дат наступления и завершения фенофаз;
- абсолютных и относительных показателей урожая;
- ретроспективных и прогнозных климатических данных;
- спутниковых снимков с индексами вегетации NDVI;
- агроклиматических характеристик почвы;
- иных показателей (например, показателей биомассы и хлорофилла в растениях).

Контроль полей и проведенных работ осуществляется посредством целого ряда сервисов, в том числе:

- учета технологических операций;
- систем выявления вредителей и болезней;
- маршрутизации агрохиманализа;
- создания почвенных карт;
- консолидации данных при использовании полевых датчиков, объединенных в сети (почвенные датчики, метеостанции, метки идентификации техники);

⁴⁹Лозгачева Т.М. Сравнительный анализ программных продуктов по точному земледелию // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК : Материалы XIII Международной научно-практической интернет-конференции, п. Правдинский, Московская обл., 08-10 июня 2021 года. – п. Правдинский, Московская обл.: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса (Правдинский), 2021. – С. 343-348.

- телематических данных (отображение техники на карте, анализа работ по каждому обрабатываемому участку, дашбордов расхода ГСМ и простоев техники).

Опционально возможна интеграция с другими системами (например, 1С (CRM, ERP)).

Онлайн-платформа позволяет собирать данные в единое хранилище из разнообразных источников. Работа с данными осуществляется как через облачный датацентр (IaaS), так и приватное облако (private cloud). Как правило, цифровые решения позволяют конструировать разнообразные отчеты и графики, проводить анализ, используя различные измерения, формировать прогнозы.

Экономические эффекты применения решения:

Использование карт урожайности позволяет выявлять зоны со сниженной урожайностью, а также точки с высоким потенциалом, и на основе этой информации эффективно распределять посевы, использовать удобрения и средства защиты растений, учитывать погодно-климатическое воздействие на операционную деятельность.

Оценка продуктивности земель с учетом климатических изменений позволяет эффективно выращивать культуры, которые будут приносить наибольшую урожайность

При несомненных выгодах использования различных цифровых решений число хозяйствующих субъектов, внедряющих и применяющих специализированный софт для повышения эффективности основных процессов растениеводства и управления производственными рисками, во многих регионах не превышает 10-15%⁵⁰.

Примеры поставщиков решения:

ООО «Джей-Ти Софт» (КартаУрожая)

Аналог: ООО «Агро Софт» (АгроМон)

Дополнительные комментарии:

Цифровые решения также перспективны при подготовке и повышении квалификации кадров, оптимизации потоковых процессов и решении логистических задач⁵¹.

⁵⁰Асташова Е.А. [и др.] Анализ использования цифровых технологий в сельскохозяйственных организациях региона // Вопросы инновационной экономики. – 2023. – Т. 13, № 4. – С. 2297-2316.

⁵¹Гусев А.С. [и др.] Цифровая модель учебно-опытного хозяйства Уральского ГАУ // Научно-технический вестник: Технические системы в АПК. – 2023. – № 2(18). – С. 27-33.

Решение 23

Агророботы сверхточного земледелия

Описание проблемы:

- Волатильность урожая из-за изменения климата, вредителей и болезней растений.
- Перерасход пестицидов и удобрений при традиционных способах обработки растений.
- Значительные усилия по борьбе с сорняками.
- Высокий риск человеческого фактора при сортировке и выявлении дефектов у овощей и фруктов при подготовке к хранению и транспортировке.

Отрасль

Сельское хозяйство

Объект

Точное земледелие

Климатические риск-факторы

Комплексное изменение климата: температурный режим, осадки, состояние почвы

География применения

ПФО, ЮФО, УФО

Описание технологии:

Аналитический центр агронома автономно проводит контроль вегетации, находит сорняки и болезни на ранней стадии. Он также ведет учет размера, качества соцветий и плодов, следит за микроклиматом, почвой, ветром и освещенностью для каждого растения индивидуально и предоставляет ежедневный отчет на устройство пользователя, рассылает уведомления о серьезных проблемах по смс.

Агроробот (сельскохозяйственный робот) с сенсорами и автопилотом, полностью электрическим шасси проводит мониторинг вегетации растений, почвы, климата для обнаружения с помощью ИИ в реальном времени болезней, вредителей и сорняков на ранней стадии

Компании, создающие агророботов, также предлагают аппаратные решения в виде сенсоров, автоматики и регуляторов, созданных специально для агробизнеса. Как правило, решения для открытого грунта предназначены для ферм от 30 га, для теплиц от 2 га. Производители цифровых решений для агробизнеса также разделяются по типам культур, для которых разработаны цифровые продукты.

Еще в начале 2020-х уровень готовности агроробототехники оценивался как сравнительно невысокий⁵²; однако бурное развитие как технологий, так и вывод на рынок новых серийных решений (в первую очередь за рубежом)

Дальнейшие перспективы внедрения и масштабирования агророботов во многом зависят от возможности международной кооперации и доступности финансовых инструментов (кредитов, лизинга и пр.), обеспечивающих приобретение или аренду подобной техники

позволяет оценивать экономические эффекты от их внедрения как потенциально очень высокие.

Экономические эффекты применения решения:

- снижает расход пестицидов до 95%, удобрений — до 20% (благодаря точному применению средств защиты растений и механической обработки);
- эффективно обнаруживает болезни и паразитов;
- сокращает потери урожая (максимум — до 50%);
- увеличивает срок хранения без применения специальной обработки и условий до 2 раз;
- обеспечивает рост урожайности до 10%;

⁵²Рудой Е.В., Петухова М.С., Рюмкин С.В. [и др.]. Научно-обоснованный прогноз развития точного земледелия в России // Новосибирск : Золотой колос, 2021. – 138 с.

- сокращает потери от гниения и иной порчи урожая при выращивании, сборе, хранении, транспортировке, сбыте (максимум — до 30%);
- повышает производительность труда работников (максимум — до 30%).

В целом роботы, а именно наземные роботизированные средства, с разной степенью автономности функционирования все чаще применяются не только в сельском хозяйстве, но и в иных отраслях реального сектора. Перспективными считаются сценарии комбинирования сельскохозяйственных роботов и иной техники (например, коптеров)⁵³. Иногда агророботехнику рассматривают как еще одну революцию в сельском хозяйстве⁵⁴.

Примеры поставщиков решения:

ООО «Эрлаб»

Аналог: ООО «РобоПроб».

Дополнительные комментарии:

Применение робототехники, несмотря на ряд недостатков, перспективно и в некоторых смежных отраслях, в том числе в агролесоводстве⁵⁵, особенно в условиях дефицита рабочей силы — актуальной и для России проблемы.

⁵³Башилов А. М. Агророботы и аэрокоптеры в сельскохозяйственных угодьях // АгроФорум. – 2020. – № 4. – С. 24-26.

⁵⁴Adetunji C. O., Hefft D. I., Olugbemi O. T. Agribots: A gateway to the next revolution in agriculture // AI, Edge and IoT-based smart agriculture. – Academic Press, 2022. – С. 301-311.

⁵⁵Chowdhary G. et al. Soft robotics as an enabling technology for agroforestry practice and research // Sustainability. – 2019. – Т. 11. – №. 23. – С. 6751.

Решение 24

Каталог сортов яблок

Описание проблемы:

Ключевые климатические проблемы российского яблоневодства — заморозки и дожди. Также имеют место трудности с закупкой импортных саженцев для обновления садов, а также необходимость совершенствования ухода за деревьями, обработки и полива, чтобы получать качественные плоды.

Отрасль

Сельское хозяйство

Объект

База данных

Климатические риск-факторы

Комплексное изменение климата: температурный режим, осадки, состояние почвы

География применения

ЦФО, ПФО, ЮФО, СКФО

Описание технологии:

Каталог и генофонд компании «Агроном-Сад» содержат 60 традиционных и клубных сортов.



Рис. 10. Интенсивный яблоневый сад в Липецкой области. Фото автора

Экономические эффекты применения решения:

Сохранение сортового разнообразия, обеспечение селекции сортов яблок, увеличение внутреннего производства яблок, улучшение их потребительских характеристик.

Примеры поставщиков решения:

ООО «Агроном-сад»

Аналог: каталог ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур»



Рис. 11. География интенсивного яблоневого садоводства

Дополнительные комментарии:

При значительных площадях, благоприятных климатических условиях в различных регионах и давних садоводческих традициях Российская Федерация до сих пор не обеспечивает себя многими овощами, фруктами, ягодами, на что системно обращают внимание эксперты с начала 2000-х годов⁵⁶. Кроме того, даже с учетом импорта душевое потребление плодов и ягод в России уступает показателям подавляющего большинства развитых стран⁵⁷.

Динамичное развитие садоводческих комплексов и тепличных хозяйств (в том числе с использованием разнообразных мер государственной поддержки)⁵⁸ до настоящего времени не решило полностью обозначенную проблему^{59, 60, 61}, что, в свою очередь, указывает как на хорошие перспективы ряда подотраслей сельского хозяйства и пищевой промышленности, так и служит указанием на возможность использования климатобусловленных возможностей

⁵⁶Куликов И.М., Минаков И.А. Развитие садоводства в России: тенденции, проблемы, перспективы // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. – 2017 – № 1 – С. 9-15.

⁵⁷Ярыгина Л.В. Статистический анализ потребления продуктов питания населением России // *Социальные и экономические системы*. – 2019. – № 6(12). – С. 123-136.

⁵⁸Велибекова Л.А., Казиев М. Р.-А. К вопросу обеспечения плодовой продукцией населения в России // *Горное сельское хозяйство*. – 2021. – № 1. – С. 6-9.

⁵⁹Суглобов А.Е., Адукова А.Н. Самообеспечение плодово-ягодной продукцией: состояние, проблемы, направления их решения // *Экономика сельского хозяйства России*. – 2023. – № 9. – С. 54-63.

⁶⁰Ефремов И.А., Иванова Е.В. Тенденции развития отрасли садоводства в России // *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. – 2020. – Т. 13, № 4(67). – С. 276-286.

⁶¹Мухаметзянов Р.Р., Джанчарова Г.К., Платоновский Н.Г. Ресурсы и использование плодово-ягодной продукции в основных странах ЕАЭС // *Экономика сельского хозяйства России*. – 2021. – № 3. – С. 98-105.

Большой интерес представляет прикладной опыт немногочисленных до настоящего времени лабораторных центров. Так, в компании «Зеленые линии — Калуга» на рубеже 2010–2020-х были достигнуты определенные успехи в части производства полукарликовых подвоев, обеспечивающих получение устойчивых урожаев в северной зоне садоводства (наиболее уязвимой относительно разнообразных климатических и агроклиматических рисков). Кроме того, питомниководческий центр компании занимается оздоровлением производимых растений⁶⁴.

Современные аграрные технологии как в области селекции, так и в области выращивания, а также сбора, хранения, переработки продукции позволяют, с одной стороны, обеспечить высокую рентабельность агрохозяйства (которую не обеспечивают традиционные формы садоводства⁶²), а с другой — сохранить традиционную специализацию аграрных районов⁶³ при диверсификации пищепромышленной специализации (яблоки — основа для пюре, соковых концентратов, различных десертов, сидра и пр., а также замороженной продукции)

Выращивание товарной продукции плодово-косточковых и ягодных культур (яблок, груш, айвы, малины) и саженцев таких культур для посадки — перспективный вид деятельности фермеров в южной части Нечерноземья.

⁶²Кроме того, уход за низкопродуктивными плодово-ягодными насаждениями может сделать хозяйственную деятельность экономически бессмысленной: собственник старых садов либо несет расходы по удалению сорняков и древесных побегов с не имеющих хозяйственного значения участков, либо получает штрафы от Россельхознадзора.

⁶³«Агроинвестор»: «На «Краю Земли» посадят 2 тыс. га яблонь. Урожай будет перерабатываться в сидр» (URL: <https://www.agroinvestor.ru/investments/article/43729-na-krayu-zemli-posadyat-2-tys-ga-yablon-urozhay-budet-pererabatyvatsya-v-sidr/>, дата обращения: 01.09.2025).

⁶⁴«Агроинвестор»: «Сад-лаборатория. Калужская компания усовершенствовала технологию получения саженцев» (URL: <https://www.agroinvestor.ru/companies/article/31738-sad-laboratoriya/>, дата обращения: 01.09.2025).

Решение 25

Высокотехнологичные тепличные комплексы

Описание проблемы:

Климатические изменения могут приводить к увеличению частоты и продолжительности опасных агрометеорологических явлений, в том числе перепадов температур, резких наступлений заморозков, жары, засухи или дождливых периодов, распространению вредителей и болезней растений. Все это приводит к снижению урожайности и невозможности прогнозировать объем произведенной продукции, повышает зависимость от импорта овощей, плодовых и ягодных культур. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО), среднее потребление овощей и фруктов в России ниже значений в развитых зарубежных странах.

Отрасль

Сельское хозяйство

Объект

Промышленные теплицы

Климатические риск-факторы

Опасные агрометеорологические явления

Использование новых климатообусловленных возможностей

География применения

ПФО, ЦФО, ЮФО, СКФО

Описание технологии:

Современные промышленные теплицы — это высокотехнологичные инженерные сооружения. Для обеспечения эффективной эксплуатации и круглогодичного получения урожая теплицы комплектуются различными системами и оборудованием. В числе прочих:

- модули для мониторинга и регулирования ключевых параметров в зоне выращивания: температуры, влажности, освещенности, уровня CO²;
- системы вентиляции;
- система искусственного освещения;
- системы отопления;
- системы полива;
- системы испарительного охлаждения и доувлажнения воздуха.

Срок эксплуатации современных промышленных теплиц — более 30 лет.

Промышленные теплицы выпускаются со стеклянным или полимерным листовым покрытием, их стены монтируются на утепленном или обогреваемом цоколе, а в основе каркаса, как правило, легкие стальные тонкостенные конструкции (ЛСТК)

Экономические эффекты применения решения:

Ключевым экономическим эффектом от внедрения технологии является повышение рентабельности инвестиций и сокращение производственных затрат тепличных хозяйств.

Экономические преимущества высокотехнологичных промышленных теплиц включают:

- возможность эксплуатации в любых климатических условиях: рабочий диапазон температур от -50 до +50 °C; стойкость к ветру, снегу, дождю;
- экономию на энергопотреблении до 40% благодаря энергосберегающим технологиям;
- долговечность конструкций, сокращающую расходы на ремонт и замену в будущем.

Эффекты от применения современных тепличных систем разнообразны:

- рост урожайности на 30–50% за счет более быстрого прохождения циклов роста, а также возможности выращивать более дорогие и требовательные к содержанию культуры;

- защита от потерь в процессе созревания и сбора;
- возможность зонирования теплицы под разные культуры в зависимости от особенностей региональных рынков.

Средняя стоимость 1 га в современной промышленной теплице составляет 250 млн руб. в ценах 2024 г. С 2015 года в России было введено в эксплуатацию более 1,6 тыс. га теплиц, что позволило сократить импорт овощей в два раза. Ввод теплиц наиболее интенсивно осуществлялся до 2020 г. (в условиях мощной финансовой поддержки со стороны государства)⁶⁵.

Примеры поставщиков решения:

ГК «Агрисовгаз», ООО «Нива Гринтек»
Аналог: ООО «АгроГринХауз», ООО «ЛЗТК»

⁶⁵Алексеевкова Е. Умная теплица: темпы, рентабельность и стоп-факторы // АгроФорум. – 2020. – № 3. – С. 34-39.

5.6. Лесное хозяйство

Решение 26

Технология регистрации грозовых разрядов

Описание проблемы:

До 35% лесных пожаров в регионах Сибири и Дальнего Востока в целом (и до 93% в отдельных районах) связаны с грозовыми явлениями. Общая площадь, пройденная лесными пожарами в СФО и ДФО, при этом может превышать 1 млн га в год. Число дней с грозами за год в отдельных локациях СФО и ДФО может превышать 30. Материальные убытки и ущерб лесным экосистемам от пожаров лишь растут в условиях распространения вредителей и болезней леса, негативное воздействие которых приводит к ухудшению состояния отдельных деревьев и целых древесных массивов, становящихся более уязвимыми к пожарам.

Отрасль

Лесное хозяйство

Объект

Леса

Климатические риск-факторы

Грозы

География применения

УФО, СФО, ДФО

Описание технологии:

Для эффективного обнаружения пожаров могут использоваться различные технологии и инструменты. Одно из возможных решений — пеленгация грозовых разрядов, осуществляемая по следующему алгоритму:

- регистрация электромагнитного излучения;
- анализ физических характеристик зарегистрированных сигналов, соотнесение их с типичными характеристиками грозовых явлений, определение типа молний;
- при подтверждении — определение места возникновения разряда;
- получение и обработка оперативных данных о зарегистрированных молниях в электронной системе мониторинга лесных пожаров в онлайн-режиме;
- корректировка маршрута ближайшего вылета авиационного патруля с учетом оперативных данных системы (при этом общее количество вылетов в сутки зависит от класса пожарной опасности).

Данные грозопеленгаторов могут дополняться информацией со стационарных видеорегистраторов, теплотатчиков и газоанализаторов, а также съемками беспилотных летательных аппаратов (БПЛА)

Экономические эффекты применения решения:

Эффективное управление лесными ресурсами в условиях пожароопасности зависит от оперативности тушения в первые 6 часов / 24 часа. Опыт эксплуатации грозопеленгаторов в Иркутской области показывает рост количества тушений пожаров в первые сутки с 87% до 94%. Среднегодовой ущерб от лесных пожаров в Иркутской области может достигать 690 млн руб., при этом стоимость внедрения и развертывания системы грозопеленгаторов и сопутствующего оборудования не превышает 250 млн руб. в год.

Примеры поставщиков решения:

ИрНИТУ и ИСЗФ СО РАН, ООО «Алвес», ООО «Гроза»

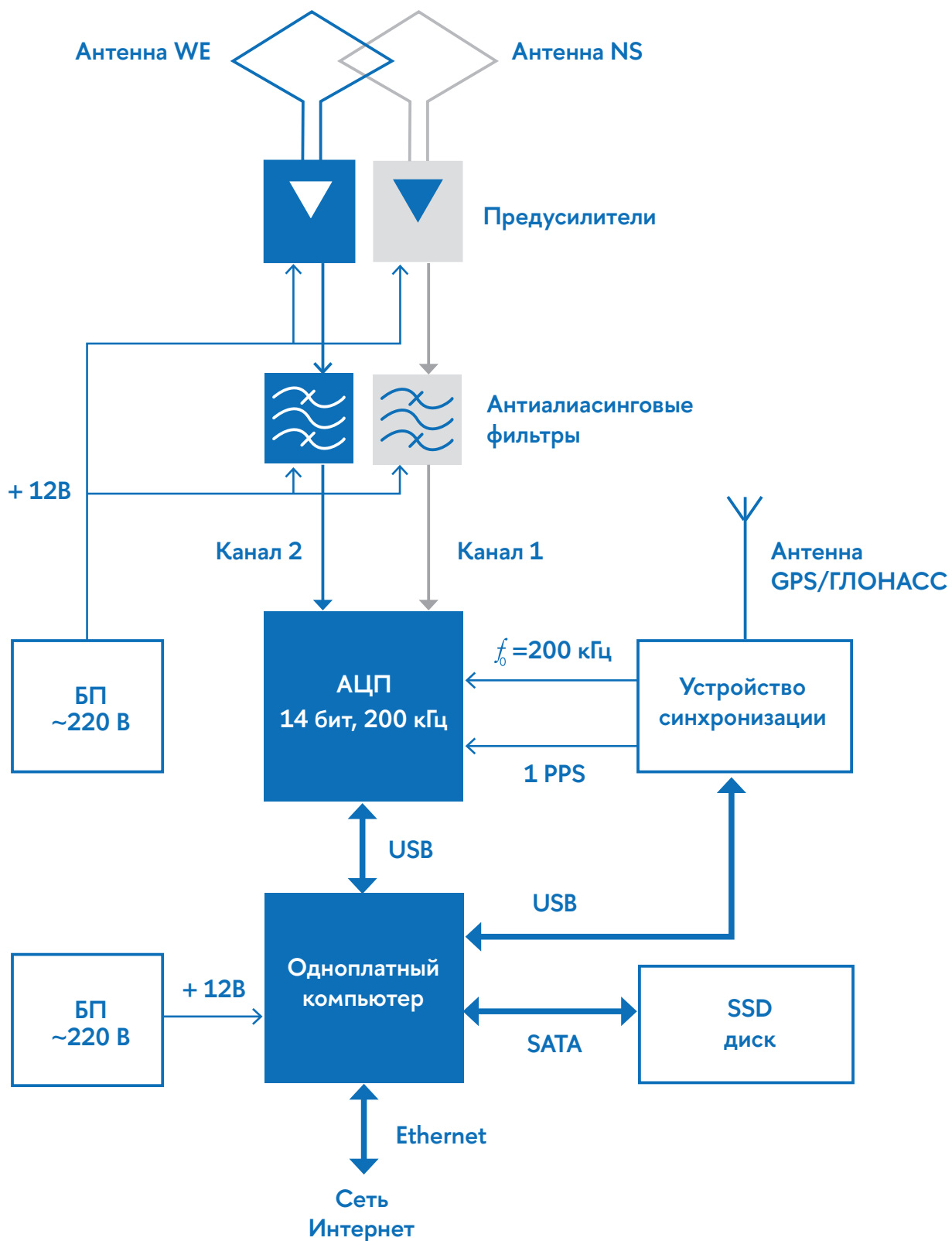


Рис. 12. Структурная схема грозопеленгационной сети ИрННТУ и ИСЗФ СО РАН

Решение 27

Системы дистанционного мониторинга и управления тушением лесных пожаров

Описание проблемы:

Увеличение частоты и интенсивности засух и аномальной жары в связи с изменением климата создают условия для увеличения количества и площади лесных возгораний. Отсутствие достоверной информации об очагах возгорания, их масштабах и точном местоположении особенно на труднодоступных и удаленных территориях приводит к ежегодному значительному ущербу. Особенно остро стоит проблема своевременного обнаружения очагов возгорания, когда лесной пожар не стал масштабной катастрофой для региона. Ежегодные потери лесных массивов от пожаров в России варьируются, но в среднем составляют 2–3 миллиона гектаров, а площадь, пройденная огнем, может достигать 4–10 миллионов гектаров в год. Традиционные способы борьбы с лесными пожарами не так эффективны, как могли бы быть при внедрении комплексных высокотехнологичных решений, объединенных одной технологической платформой.

Отрасль

Лесное хозяйство

Объект

Лесные пожары

Климатические риск-факторы

Повышение температуры воздуха, периоды засухи и снижение количества осадков, сухие грозы, антропогенные факторы

География применения

ЦФО, СЗФО, СФО, ПФО, ДФО, УФО

Описание технологии:

Наиболее эффективными для минимизации ущербов от пожаров в настоящее время являются комплексные программно-аппаратные решения с возможностью интеграции с уже существующими «умными» системами. Такие решения предполагают комплексное использование авиационного,

космического, наземного и автоматизированного видеомониторинга для обнаружения, точного определения координат и оповещения о пожаре на ранней стадии.

Для территорий со стабильным доступом к электричеству и связи наиболее эффективным и часто применяемым является автоматизированный видеомониторинг. Для территорий с отсутствием необходимой инфраструктуры используются более сложные решения, включающие космический мониторинг, а также применение авиации и БПЛА

Аппаратным ядром систем мониторинга и предотвращения пожаров являются оптические или оптико-тепловизионные камеры — со специализированным программным обеспечением раннего обнаружения «на борту». Радиус обзора каждой камеры достигает до 35 км, площадь мониторинга одной камеры — до 200 тыс. га, погрешность определения координат — не более 300 метров, время патрулирования 360 градусов — 10 минут.

Наиболее продвинутое решение в данной нише объединяют все виды мониторинга — от наземного до космического в рамках одной системы, которая состоит из 18 полнофункциональных подсистем, функционирующих на одной платформе. Такие системы мониторинга пожаров способны:

- автоматически обнаруживать пожары, определять координаты и оповещать о пожаре;
- предоставлять систему учета и управления противопожарными силами и средствами (ГЛОНАСС, GPS) с выдачей и контролем заданий;
- иметь систему отчетности (25 отчетов, в том числе карточка пожара), систему 3D-моделирования распространения пожара, систему видеоконференцсвязи и обмена информацией, подсистему учета объектов мероприятий и ресурсов противопожарного назначения, подсистему визуализации аналитической информации, регистрации и учета обращений граждан.

Системы мониторинга и предотвращения пожаров интегрируются с системами оповещения, 112, «Безопасный город», а также с фотоловушками и беспилотными летательными аппаратами, выполняющими функции разведки лесопожарной обстановки, лесопатологических исследований и многими другими, имеют в своем составе мобильное приложение, предназначенное в т.ч. для авиапатрулирования и наземного патрулирования с учетом и контролем маршрутов. В систему также подключены данные космического мониторинга. Еще одним преимуществом современных высокотехнологичных систем мониторинга

лесных пожаров является легкость масштабирования систем от уровня одного муниципалитета (1–5 камер) до территории всего региона или страны при необходимости.

Эффективность систем достигается за счет комплексного использования элементов искусственного интеллекта (в т.ч. нейросетевого анализа), геоинформационных технологий, технологий распределенных вычислений, запатентованных собственных алгоритмов разработчика и т.д.

Системы мониторинга и управления пожарами включают следующие модули:

- Автоматизированный мониторинг и управление силами и средствами с маршрутизацией, выдачей и контролем заданий в режиме онлайн, что позволяет подключать и отслеживать движение спецтехники, БПЛА, авиапатрулей и даже отдельных сотрудников через мобильное приложение.
- Медиаархив, который работает со всеми типами данных, использует картографическую привязку и упорядоченно хранит всю информацию системы: маршруты патрулей, события, реакцию пользователей, видео, фото, и т.д.
- Картографическая ГИС: карты в системе являются многослойными и векторными с возможностью привязать к карте требуемые данные: маршруты, летные карты, вырубки, посадки, объекты и проч.
- Отображение и учет событий со всех источников мониторинга: космический, авиационный, видеокамеры, тепловизоры, БПЛА, датчики, данные мобильных патрулей.
- Прием и регистрация обращений от граждан с привязкой к карте, а также возможностью отправить фото- и видеоматериалы, подтверждающие факт возгорания.
- Оповещения о возникновении пожара, которые отправляют точные координаты и всю информацию посредством сигналов диспетчеру, а также СМС на телефон, в социальных сетях или на электронную почту. При этом внутри системы можно перейти от оповещения к просмотру камеры, чтобы проконтролировать факт возгорания.
- Коммуникации с возможностью звонков, видеосвязи, текстовой переписки и обмена файлами.
- Платформа интеграции с БПЛА, который позволяет передавать данные в центральную систему, определять пути подъезда спецтранспорта, площадь пожара, кромку и т.д. Данная платформа функционирует как на стационарных, так и мобильных устройствах (планшеты, мобильные телефоны). Вся информация передается по защищенным каналам связи. Также в рамках этой платформы осуществляется управление авиапатрулированием.

- Моделирование распространения пожара в реальных условиях с учетом погодных условий и особенностей рельефа. При этом данная подсистема имеет возможность подключения к локальным метеостанциям.

Экономические эффекты применения решения:

- оперативность обнаружения источников возгорания: камера делает оборот 360 градусов каждые 10–12 минут, в то время как космический и авиапатруль — несколько раз в сутки;
- независимость от человеческого фактора: определение дыма автоматизировано, диспетчер задействован только в процессе подтверждения и классификации;
- один диспетчер контролирует до 30 камер наблюдения за пожарами;
- камеры лучших разработчиков систем мониторинга работают от -50° до $+50^{\circ}$
- камеры реагируют на белый и черный дым, а также на любые источники возгорания — обнаруживаются все источники возгораний;
- точность определения координат дыма: погрешность не превышает 150–200 метров. При обнаружении дыма система моментально оповещает специальные службы. С помощью приложения для БПЛА можно определить площадь пожара, длину кромки и т.д., не подвергая опасности специалистов;
- погрешность обнаружения не превышает 35% в городских территориях из-за белого дыма от котельных, заводов или других объектов инфраструктуры. В лесных массивах эффективность системы выше;
- время хранения архива записей определяется емкостью жестких дисков;
- расходы на развертывание и обслуживание системы ниже, чем суммарные расходы на организацию авиапатрулирования и ущерб от позднего реагирования на возгорание.

Применение систем видеомониторинга пожаров позволяет в среднем снизить затраты на тушение пожаров в объеме 10 тыс. руб. / га (при условии привлечения авиации).

Примеры поставщиков решения:

ООО «Формоза-Софт» и ГК «Геоскан»

При использовании материалов ссылка на НИУ ВШЭ обязательна.

<https://geography.hse.ru/georisks>
georisks@hse.ru

(с) Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2026

Авторы: Белов Е.И., Анискина Т.А.

Благодарности: Шарыгина Ю.А., Полищук М.И., Чибеляев О.А. и Толмачева Е.М.,
Трушечкина И.В., Соколов М.М.

Шеф-редактор: Пупышева Н.В.
Редактор, корректор: Ермаченков И.О.
Дизайн и верстка: Пономарчук Е.И.