

УДК: 528.9+004.75

DOI: 10.35595/2414-9179-2023-1-29-123-142

А.А. Ямашкин¹, С.А. Ямашкин²

УПРАВЛЕНИЕ МЕТАГЕОСИСТЕМАМИ РЕГИОНА НА ОСНОВЕ ИДЕНТИФИКАЦИИ, АНАЛИЗА И МОНИТОРИНГА РИСКОВ

АННОТАЦИЯ

В статье представлено решение проблемы внедрения инфраструктур пространственных данных (ИПД) и геопортальных систем как инструмента решения задач интеграции, каталогизации, обработки, анализа, распространения и визуализации геопространственной информации с целью обеспечения поддержки принятия управленческих решений в области оптимизации функционирования экосистем и развития цифровой экономики Российской Федерации. Представлена характеристика процесса внедрения ИПД для управления метагеосистемами на основе процессов идентификации, анализа и мониторинга рисков. Показано, что процесс управления рисками может быть интегрирован в задачи итерационного проектирования, разработки, внедрения и использования ИПД в качестве входного этапа для стадии анализа требований к ИПД. Результаты оценки силы рисков событий позволяют подойти к решению задачи формирования совокупности контролируемых рисков управления природно-социально-производственными системами. Результаты этапа оценки рисков становятся отправной точкой в решении задачи проектирования функциональных и качественных требований к инфраструктуре пространственных данных как инструмента управления территориально-распределенными системами. Решение задачи оптимизации процессов консолидации и использования пространственных данных для управления природно-социально-производственными системами должно ориентироваться на следующие критерии: достижение целевых эффектов ИПД, ресурсоемкости и сложности (организационной, операционной, алгоритмической, компетентностной, временной) процессов поддержки (построения, модификации, практического использования) при решении задач управления. Показано, что важной особенностью подхода по управлению природно-социально-производственными системами, ориентированного на анализ и мониторинг рисков, является необходимость в ориентации на гибкую организацию процесса разработки геоинформационных систем. Решение проблемы эффективного итерационного функционального и качественного усиления ИПД возможно на основе соблюдения принципов SOLID, определяющих целесообразность реализации основных принципов объектно-ориентированного программирования и проектирования.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: метагеосистемы, природно-социально-производственные системы, управление рисками, устойчивое развитие, геоинформационные системы

¹ Национальный исследовательский Мордовский государственный университет, Институт геоинформационных технологий и географии, ул. Большевикская, д. 68, Саранск, Россия, 430005, *e-mail: yamashkin56@mail.ru*

² Национальный исследовательский Мордовский государственный университет, Институт электроники и светотехники, ул. Большевикская, д. 68, Саранск, Россия, 430005, *e-mail: yamashkinsa@mail.ru*

Anatoly A. Yamashkin¹, Stanislav A. Yamashkin²

REGIONAL METAGEOSYSTEM MANAGEMENT BASED ON RISK IDENTIFICATION, ANALYSIS AND MONITORING

ABSTRACT

The article presents a solution to the problem of introducing spatial data infrastructures (SDI) and geoportal systems as a tool for solving the problem of integration, distribution and visualization of geospatial information. The role of geoportals is proved as a tool to support managerial decision-making in the field of ensuring the conditions for sustainable development. It is proposed to organize the SDI implementation process on the basis of identification, analysis and monitoring of risks. The risk management process can be integrated into the process of iterative implementation and use of the SDI as an input to the requirements analysis stage. The results of assessing the strength of risk events make it possible to form a set of controllable risks in the management of territorial systems. In this case, the results of the risk assessment stage become the starting point in solving the problem of designing functional and qualitative requirements for the infrastructure of spatial data as a tool for managing spatially distributed systems. The solution of the problem of optimizing the processes of using spatial data for solving management problems should be focused on achieving the target effects of SDI, while assessing and controlling the resource intensity and complexity of management processes. It is shown that an important feature of the approach is the focus on flexible organization of the process of developing geoinformation systems. The solution to the problem of effective iterative development of SDI is possible based on the observance of the SOLID principles, which determine the expediency of implementing the basic principles of object-oriented programming and design.

KEYWORDS: metageosystems, natural-social-production systems, risk management, sustainable development, geographic information systems

ВВЕДЕНИЕ

Развитие современных планетарных эколого-социально-экономических проблем имеет метакрональный характер проявления на региональном и локальном уровнях. К важнейшим вызовам относится осознание необходимости углубленного исследования пространственно-временной структуры геосистем [Николаев, 1978], многоцелевое использование природных ресурсов, развитие спектров экономически выгодных видов деятельности, прогнозирование социально-экономических процессов, природных и природно-техногенных чрезвычайных экологических ситуаций, организация активного участия общества в природоохранной деятельности [Тикунов, 2021].

В качестве основных объектов исследований выступают метагеосистемы, пространственно определенные совокупности природных, социальных и производственных систем, функционирующие в силу наличия связей между ними [Черкашин, 2019].

Главными задачами при этом выступают:

- 1) определение средо- и ресурсовосстанавливающих функций геосистем;
- 2) выявление причин обострения экологических, социальных и экономических проблем;

¹ National Research Mordovia State University, Institute of Geoinformation Technologies and Geography, 68, Bolshevistskaya str., Saransk, 430005, Russia, e-mail: yamashkin56@mail.ru

² National Research Mordovia State University, Institute of Electronics and Lighting Engineering, 68, Bolshevistskaya str., Saransk, 430005, Russia, e-mail: yamashkinsa@mail.ru

- 3) установление тенденций развития эколого-социально-экономических ситуаций и прогнозирование (оценка) возможных последствий;
- 4) ландшафтное планирование процессов хозяйственного освоения.

Важной задачей в процессе управления территорией является четкое видение конечного результата функционирования метагеосистем как иерархически организованных природных, социальных и производственных систем. В деталях этот вопрос решается в процессе исследования комплекса проблем и рисков, имеющих место на территории на стадии прогнозирования развития. Однако общее, принципиальное (экспертное) представление об этом должно быть уже на начальной стадии элементарного управленческого цикла при постановке задач управления и подготовке задания на их решение. Проблема развития территорий, особенно актуализированная разработками в рамках общемировой концепции устойчивого развития общества, занимает одно из ведущих мест в системе географических исследований. География социально-экономического развития территорий или эволюционная социально-экономическая география осуществляет активную разработку методики описания процесса развития территориальных систем, поиск критериев количественной оценки его темпов и определение стратегии управления им. Особенно активно в данном направлении отечественные и зарубежные экономисты и экономико-географы работают в рамках эволюционного страноведения.

Необходимость анализа функционирования, динамики и развития метагеосистем существует в разных областях науки и практики. Прежде всего это проектировщики и управляющие структуры, деятельность которых связана с разработкой и использованием прединвестиционной, градостроительной, проектной документации, организацией и ведением экологического мониторинга за состоянием окружающей среды, прогнозированием чрезвычайных природных и природно-техногенных чрезвычайных экологических ситуаций. Географические информационные системы (ГИС) представляют собой эффективный инструмент управления территориально-распределенными системами разного масштаба. Согласно национальному стандарту Российской Федерации ГОСТ Р 52438-2005, географические информационные системы могут быть определены как информационные системы, предназначенные для хранения, обработки, поиска, распространения, передачи и представления пространственной информации, данных, ассоциированных с географическим положением объекта по отношению к земной поверхности¹.

В настоящее время проблемно-ориентированные ГИС создаются как в рамках административно-территориальных единиц, так и в границах природных регионов. Современная практика показывает, что облачные ГИС-технологии становятся гибкими и универсальными средствами для решения многих задач природопользования, обеспечивая сбор, обработку, хранение и визуализацию пространственной информации на основе геопортальных технологий о состоянии природных, социальных и производственных систем и их взаимодействии [Lee, 2017]. Их практическая востребованность заключается прежде всего в оперативности представления информации и точной пространственной привязке данных [Heaton, 2019; Gkonos, 2019]. ГИС представляют собой гибкий инструмент непрерывного накопления и оперативного представления обширной, многомерной информации о территориях [Артоболевский, 2009].

В соответствии с национальным стандартом ГОСТ Р 58570-2019, разработанным ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД», в решении задачи обеспечения поиска,

¹ Географические информационные системы. Термины и определения: ГОСТ Р 52438-2005. введ. 01.07.2006.

доступа и удобства использования пространственной информации ключевую роль играют инфраструктуры пространственных данных (ИПД), определяемые как «информационно-телекоммуникационные системы, обеспечивающие доступ граждан, хозяйствующих субъектов, органов государственной и муниципальной власти к распределенным ресурсам пространственных данных, а также распространение и обмен данными»¹. Определение ИПД может быть расширено на основе требования стандарта ГОСТ Р 55062-2012 к интероперабельности как способности информационных систем и их компонентов к обмену и использованию информацией: обозначенное свойство значимо только в том случае, если взаимодействие между системами реализуется на техническом, семантическом и организационном уровнях². Технический уровень определяет способ и формат передачи информации, семантический формирует основы содержательного (смыслового) использования данных, организационный сфокусирован на прагматических аспектах, нацеленных на повышение эффективности решения задач управления. Учитывая данное положение, ИПД следует определить как совокупность организационных и инфокоммуникационных средств, обеспечивающих с использованием пространственных данных управление организационными системами различного уровня: локального, регионального, национального, международного. Организационная интероперабельность ИПД нацелена на удовлетворение запроса на эффективное использование пространственных данных при решении проектных задач.

Достижение высокой организационной интероперабельности ИПД возможно в случае обеспечения достижения свойства проблемной ориентации систем данного класса. Внедряемые ИПД должны представлять собой инструмент поддержки принятия решений, связанных с управлением территориально-распределенными системами: прогнозирование и оценка последствий чрезвычайных ситуаций, управление хозяйством и производством, эффективное представление экономического, природного, социального потенциала. Требование проблемной ориентации ИПД позволяет системам данного класса быть эффективными, одновременно накладывая отпечаток на процессы проектирования, разработки, внедрения и использования.

Пространственные данные, консолидированные в ИПД из внешних источников и синтезируемые на основе методов и алгоритмов анализа, становятся полезными только в случае их доступности необходимому кругу людей. Обеспечение возможности распространения и визуализации пространственной информации при этом решается посредством геопортальных систем (геопорталов), играющих роль точки доступа к сервисам ИПД и предоставляющих человеко-машинный интерфейс, функционирующий на основе веб-технологий. При этом важно, чтобы геопорталы решали конкретные проектные задачи оптимизации процессов управления территориально-распределенными системами. Экономическое обоснование целесообразности внедрения ИПД и геопорталов может быть сформировано на основе запроса на необходимость минимизации рисков (максимизации использования позитивных возможностей), возникающих при использовании природно-социально-производственных систем.

Цель исследования — решение проблемы повышения эффективности процессов проектирования, разработки, внедрения и использования ИПД и геопортальных систем на основе использования процессов планирования, идентификации, анализа, мониторинга и управления рисками с целью повышения эффективности решения задач управления в

¹ Инфраструктура пространственных данных. Общие требования: ГОСТ Р 58570-2019. введ. 01.06.2020.

² Информационные технологии. Системы промышленной автоматизации и их интеграция. Интероперабельность. Основные положения: ГОСТ Р 55062-2012. введ. 01.09.2013.

организационных системах, деятельность которых связана управлением территориально-распределенными системами.

Для достижения поставленной цели были поставлены и последовательно решены следующие задачи:

- 1) Определение принципов систематизации и классификации природно-социально-производственных систем как объекта управления в организационных системах, деятельность которых выстроена вокруг территориально-распределенных ресурсов;
- 2) Исследование процесса внедрения инфраструктур пространственных данных как инструмента управления метагеосистемами на основе идентификации, анализа и мониторинга рисков различного типа;
- 3) Разработка методики интеграции процесса управления рисками в процесс итерационного внедрения и использования ИПД с целью формирования эффективных инфраструктурных решений для управления природно-социально-производственными системами;
- 4) Разработка и внедрение геопортальных систем как инструментов управления пространственно-распределенными ресурсами и объектами, спроектированными с точки зрения решения задач управления рисками.

Инфраструктуры пространственных данных (ИПД), спроектированные на основе процессов анализа рисков, представляют собой инструмент решения задачи интеграции, каталогизации, распространения и визуализации геопространственной информации с целью обеспечения поддержки принятия управленческих решений в области оптимизации функционирования экосистем и развития цифровой экономики Российской Федерации. Геопортальные системы при этом выступают точкой доступа с распределенным базам геопространственных данных.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

ИПД как инструмент управления данными о природно-социально-производственных системах

Повышение эффективности процессов проектирования, разработки, внедрения и использования ИПД должно быть основано на решении задачи систематизации пространственных данных. Структура исследований иерархически организованных природно-социально-производственных систем (метагеосистем) основывается на принципах:

- 1) *территориальности* — исследование природно-ресурсного потенциала и закономерностей природной дифференциации, определяющих общие закономерности хозяйственного освоения и развития экологических, социальных и экономических процессов;
- 2) *системности* — сопряженное исследование всех аспектов функционирования метагеосистем с учетом взаимосвязи всех элементов, определяющих особенности эколого-социально-экономического развития; взаимообусловленное объединение структурных элементов и связей разноуровневых природных, социальных и производственных систем, взаимная увязка и согласованность всех процессов и явлений;
- 3) *экологичности* — оптимизация взаимодействия природных, социальных и производственных систем на основе соблюдения экологического равновесия.

К разряду ключевых элементов процесса управления территориальными системами также следует отнести проблему его теоретического и практического обеспечения. При этом необходимо выделять две группы обеспечения: обеспечение процесса исследования

решаемых проблем и обеспечение самих практических действий по регулированию территориальных систем. Содержание этих групп во многом совпадает, но имеются и различия. Общим является информационное обеспечение, хотя в чистом виде оно больше проявляется именно в исследовании. На стадии практической реализации управленческого действия собственно информационное обеспечение дополняется внедрением инноваций, которые представляют собой средоточие информационного воздействия в виде научно обоснованных предложений по улучшению практической деятельности общества. Управление в целом поддерживается кадровым, финансовым, материальным, научно-методическим и нормативно-правовым обеспечением, соответствующих частей управленческого процесса. Многообразие непреходящих ценностей человечества можно свести к трем позициям.

Первую категорию составляют *условия безопасности жизнедеятельности человека*, т. е. все то, что можно условно назвать эколого-социально-экономической основой жизнеобеспечения.

Второй группой условий, относящихся к непреходящим ценностям человечества, следует считать факторы, обеспечивающие *стабильность материальной и духовной деятельности общества*, т. е. *устойчивое развитие*. Конкретно развитие общества проявляется в развитии территории, на которой это общество имеет место быть. Поэтому, говоря об устойчивом развитии общества, мы одновременно ведем речь об устойчивом развитии территории, и наоборот. Деятельность по обеспечению устойчивого развития общества (территории) по активности проявления носит развивающий характер.

Третья группа — результирующая: действия по обеспечению безопасности жизнедеятельности человека, в свою очередь дающие основание для реализации деятельности по обеспечению устойчивого развития общества, в конечном счете обеспечивают (должны обеспечивать) *высокое качество жизни населения*. Качество жизни человека и есть тот критерий, по которому следует оценивать качество всей деятельности общества, в т. ч., конечно, и государства.

Учитывая тот факт, что перечисленные группы факторов, создающих непреходящие ценности человечества, всегда территориально обусловлены, можно говорить о ведущей роли географических исследований в общем процессе познания и регулирования данного феномена. Поскольку во всех случаях эти действия реализуются комплексно и полноохватно, то следует признать, что теория геопространственных основ обеспечения безопасности жизнедеятельности человека, устойчивого развития общества и качества жизни населения есть научное направление единой (интегральной, прикладной) географии. В связи с этим природно-социально-производственные системы можно определить как системы обеспечения безопасности, стабильности и качества жизни населения. В глобальном масштабе системами данного класса становятся государства и союзы государств, как системы безопасности, организованные для выживания народов в рамках определенных географических территорий.

Территориальные системы безопасности от угроз гуманитарного характера. На начальном этапе территориально-институциональные ценности выявляются субъектом управления исходя из общей установки местного социума, предъявляющего требования к безопасности своей жизнедеятельности и опирающегося на знания стратегии устойчивого развития общества в настоящее время и в перспективе. На втором осуществляется целенаправленное изучение ситуации, уточняются проекты управленческих решений и после корректировки принимаются в окончательном варианте. Целеполагание соответственно также подразделяется на две стадии. Первая посвящена общей оценке перспектив развития территории. На второй осуществляется диагностика территориальных систем, в результате которой выявляются и ранжируются задачи, которые необходимо

решить. Затем составляется дерево целей, проводится формализация и алгоритмизация данных задач и осуществляется программная реализация составленных алгоритмов.

Территориальные системы безопасности от угроз природного (естественного) характера. В группу угроз безопасности естественного характера входят угрозы сугубо природного происхождения, т.е. стихийные катаклизмы и опасности природно-антропогенного характера. Конечно, многие из опасных естественных процессов связаны и с деятельностью человека и часто провоцируются антропогенными действиями, однако основа этих процессов остается ярко выраженной естественной, а не техногенной. Опасности природного характера индивидуальны для каждой местности. Одно и то же состояние природной среды в одних случаях может приводить к чрезвычайности ситуации, а в других будет относиться к норме. Экологические проблемы чрезвычайно разнообразны, но наиболее важными для человечества являются такие глобальные и региональные экологические явления, как сведение лесов и опустынивание степей и саванн, деградация черноземов путем ветровой и водной эрозии, потепление климата в результате загрязнения атмосферы, озоновые дыры, возникающие в результате повышенного выброса в атмосферу мощных окислителей типа фреонов, загрязнение природной среды и селитебных территорий бытовыми и производственными отходами, в т.ч. химически, физически и микробиологически опасными. Важным этапом разработки ИПД является выработка комплекса мероприятий по решению приоритетных региональных экологических проблем. Анализ и оценка развития геоэкологических ситуаций является основой для выделения региональных приоритетных проблем природопользования и охраны окружающей среды.

Территориальные системы безопасности от угроз техногенного характера. В группу техногенных вызовов входят все виды угроз, связанных с нарушениями научно-обоснованных правил и норм эксплуатации техники и оборудования, реализации производственно-технологических процессов, строительства и эксплуатации инженерных объектов. Нарушения научно-обоснованных правил и норм эксплуатации техники и оборудования широко распространены во всех сферах производственной деятельности, прежде всего в промышленности, строительстве, сельском хозяйстве и на транспорте, при всех правовых формах организации производства, а также в быту. Предотвращение данных опасностей на производстве осуществляется в рамках правил охраны труда и техники безопасности соответствующими службами, имеющимися на всех предприятиях. Это направление является основным в школьных курсах основ безопасности жизнедеятельности. ИПД должны быть ориентированы на повышение эффективности комплекса мероприятий, направленных на устранение проблемных ситуаций, характеризующихся опасными и особо опасными уровнями концентрации загрязняющих веществ и антропогенных техногенных нагрузок на природную среду, выработку рекомендаций по достижению нормативного уровня качества среды по ряду отдельных факторов ее загрязнения, составление плана работ по предотвращению негативной динамики изменения состояния окружающей среды и стабилизации сложившейся экологической ситуации.

В качестве базовой информационной основы для выработки комплекса мероприятий по решению приоритетных региональных экологических проблем используются планировочные экологически ориентированные средства, предусмотренные технико-экономическими обоснованиями предприятий, генеральными планами городов и районов, схемами районной планировки и другими имеющимися планировочными документами развития регионов. Разработанный комплекс мероприятий должен подразделяться по очередности их проведения, с выделением долгосрочных, среднесрочных и краткосрочных мероприятий для решения приоритетных экологических проблем региона с указанием механизма их реализации и финансирования.

ИПД как система управления рисками

Цифровые инфраструктуры пространственных данных (ИПД) выступают эффективным инструментом решения задачи интеграции, каталогизации, распространения и визуализации геопрограмственной информации с целью обеспечения поддержки принятия управленческих решений в области оптимизации функционирования метагеосистем в направлении развития цифровой экономики Российской Федерации [Yamashkin, 2020]. Отталкиваясь от данного выше определения природно-социально-производственных систем как систем обеспечения безопасности, стабильности и качества жизни населения, можно сделать вывод о том, что задача управления в организационных системах, деятельность которых выстроена вокруг управления пространственно-распределенными ресурсами и объектами посредством ИПД должна быть основана на решении проблемы планирования, идентификации, анализа, мониторинга и управления рисками.

Методы анализа рисков в организационных и сложных технических системах определены стандартами ГОСТ Р 51901-2002 (Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем), ISO 31000 (Менеджмент рисков), ГОСТ Р ИСО 31000-2019 (Менеджмент риска. Принципы и руководство). Ключевая функция стандартов направлена на поддержку деятельности по формированию и защите «ценностей организаций путем менеджмента риска, принятия решений, постановки и достижения целей, повышения эффективности деятельности»¹.

Эффективность управления организационными системами на основе анализа рисков [Faraji, 2022] может быть повышена за счет проведения следующих работ:

- системная идентификация рисков, включающая формирование реестра рисков, качественная и количественная оценка потенциальных угроз и возможностей;
- определение стратегий в области управления рисками разного типа на основе формирования реестра контрмер, выполняющих функцию снижения вероятности возникновения рисков и степени их влияния, достижения предпочтительных условий функционирования организационных систем;
- выявление причинно-следственных связей в процессах возникновения рисков событий с целью усиления понимания назначения, структуры, функциональных и качественных особенностей инструментов управления в организационных системах.

Информационные системы, основанные на использовании пространственных данных, востребованы в организационных системах, деятельность которых связана с использованием и управлением пространственно-распределенными ресурсами: в органах регионального и муниципального управления, службах МЧС, производственных предприятиях и холдингах, логистических компаниях. Для этих организаций задача мониторинга и управления рисками имеет свои характерные особенности. Проектируемые и внедряемые инфраструктуры пространственных данных должны представлять собой информационные системы, являющиеся инструментом идентификации, анализа и мониторинга рисков, возникающих в организационных системах, деятельность которых направлена на управление природно-социально-производственными системами (рис. 1).

Обоснование ключевых процессов проектирования, разработки, внедрения и практического использования инфраструктур пространственных данных должно быть основано на решении задачи идентификации и анализа рисков, возникающих при использовании территориально распределенных природно-социально-производственных систем. В этом случае внедряемые технологии способны показать экономическую

¹ Менеджмент риска. Принципы и руководство: ГОСТ Р ИСО 31000-2019. введ. 01.03.2020.

эффективность и стать инструментом снижения влияния негативных природных, техногенных и гуманитарных процессов. Сокращение влияния и минимизация последствий опасных рисков возможны при реализации как процесса мониторинга состояния природно-социально-производственных систем как объекта управления, так и реализации функций удаленного управления, в т. ч. на основе технологий интернета вещей.

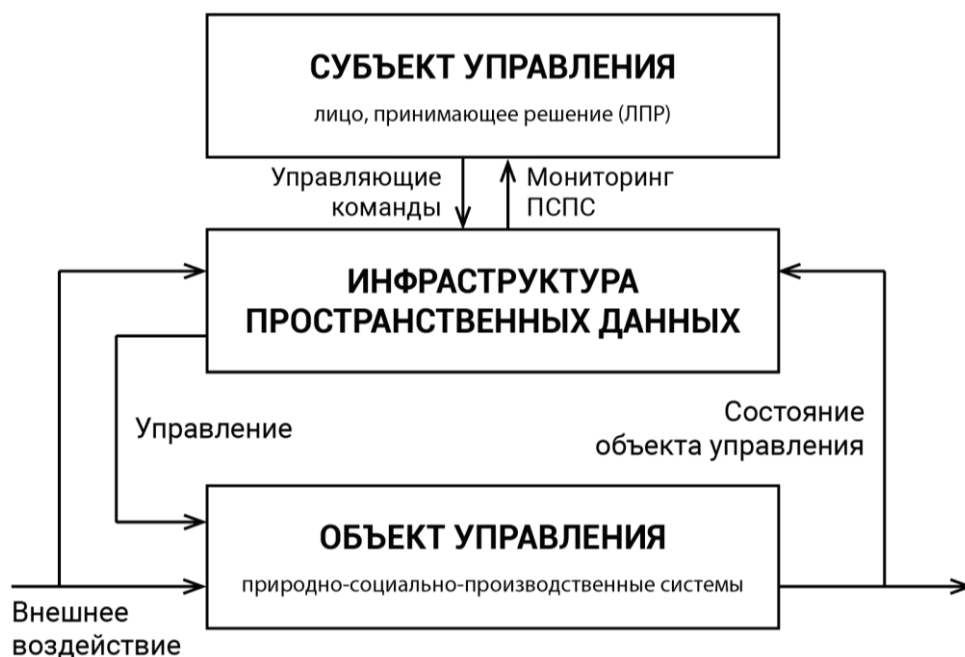


Рис. 1. Природно-социально-производственные системы как объект управления
Fig. 1. Natural-social-production system as an object of control

Процесс управления рисками [Räsänen, 2020] может быть интегрирован в процесс итерационного внедрения и использования ИПД в качестве входного этапа для стадии анализа требований к ИПД (рис. 2). В свою очередь, разработанные или улучшенные версии инфраструктуры пространственных данных становятся инструментом мониторинга и управления рисками в организационных системах, деятельность которых связана с использованием пространственно-распределенных ресурсов.

Этап планирования управления рисками (РП) представляет собой процесс, опирающийся на решение задач подготовки исходных данных для анализа и управления рисками, анализ структуры и свойств природно-социально-производственной системы как объекта управления.

В ходе оценки рисков (этап РО), происходит их идентификация (этап РО1, включающий отбор основных угроз, имеющих значение в рамках проекта, анализ причинно-следственных связей их возникновения и проведение классификации), количественный и качественный анализ (этап РО2, опирающийся на оценку вероятности возникновения рисков, негативного и позитивного влияния последствий рисков событий, степени и направления связности), оценка опасности и проектирование контрмер (этап РО3, предполагающий ранжирование рисков по важности, планирование методов и ресурсов реализации контрмер, направленных на сокращение опасных и приоритетных рисков управления природно-социально-производственными системами).

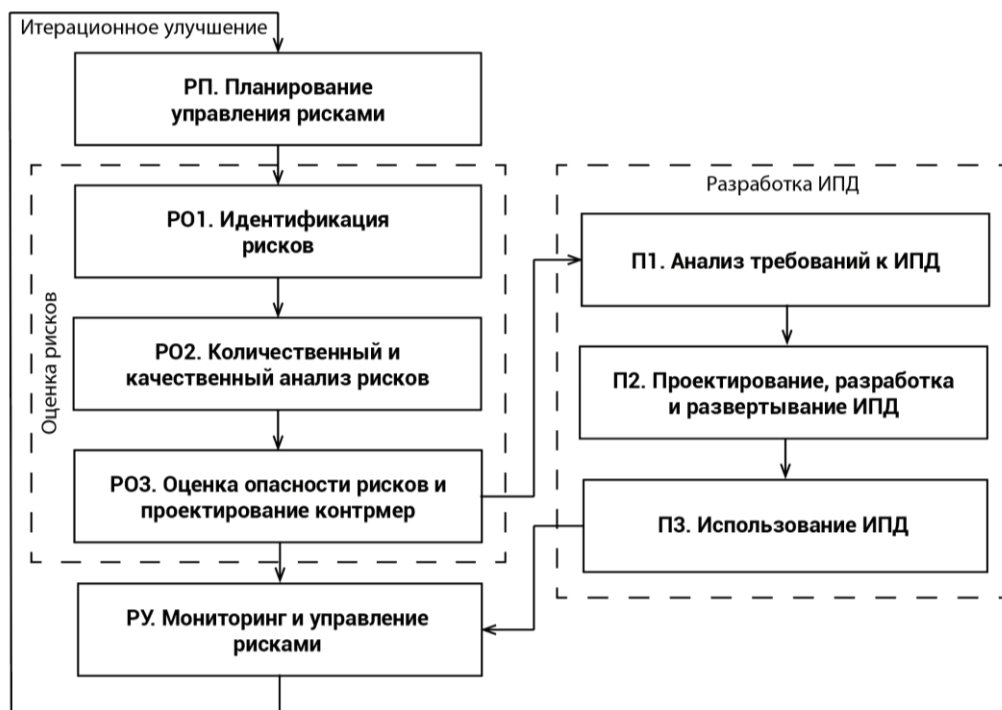


Рис. 2. Интеграция процесса управления рисками в процесс внедрения ИПД
Fig. 2. Integration of the risk management process into the process of implementation of SDI

Итоговые артефакты этапа оценки рисков управления природно-социально-производственными системами становятся основой для планирования методологической и ресурсной базы реализации контрмер для минимизации последствий и сокращения вероятности возникновения угроз, повышения положительного эффекта и частоты возникающих позитивных возможностей. Результаты этапа становятся также отправной точкой для распределения и фиксирования ответственности специалистов, участвующих в управлении организационной деятельностью в области эксплуатации природно-социально-производственных систем.

Решение задачи идентификации, анализа и мониторинга рисков должно рассматриваться в плоскости оценки влияния негативных и позитивных рисков событий на критерии эффективности ИПД в области управления природно-социально-производственными системами с учетом наличия зависимостей между возникновением рисков. Степень причинно-следственной связи возникновения рисков событий можно определить как байесовскую вероятность появления одного риска как последствия другого на определенном этапе функционирования природно-социально-производственных систем.

Система причинно-следственных связей возникновения рисков событий может быть структурирована в виде дерева (рис. 3). На стадии идентификации рисков события могут быть сегментированы по этапам, которые могут как иметь привязку ко времени, так и определяться на основе иерархических моделей от общего к частному.

На представленном рисунке объектами с прерывистой линией обозначены терминальные элементы, рискованные события, непосредственно влияющие на показатели эффективности управления природно-социально-производственными системами и не являющиеся причиной возникновения значимых рисков следующего уровня иерархии. Сплошной линией очерчены узлы дерева причинно-следственных связей, имеющие потомков и представляющие собой рискованные события, способные как непосредственно влиять на критерии эффективности, так и становиться причиной возникновения новых

рисков. Каждое ребро дерева, связывающее две вершины дерева причинно-следственных связей, характеризуется весом $r(R_i, R_j)$ — вероятность появления одного риска как последствия другого. Управляя риском R_i , минимизируя негативные последствия его возникновения в природно-социально-производственных системах, можно избежать или снизить вероятность появления риска R_j . При этом эффективное решение задачи управления корневыми рисками минимизирует потенциальное негативное влияние всех рисков системы.

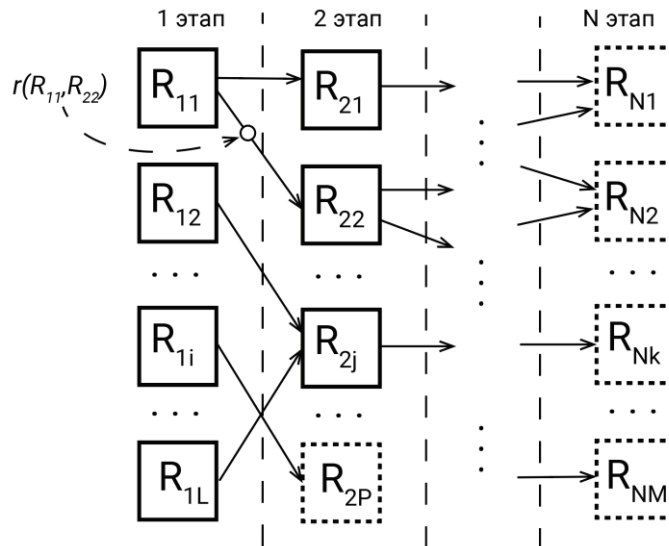


Рис. 3. Дерево причинно-следственных связей между рисками
 Fig. 3. Tree of cause-and-effect relationships between risks

Дадим определение силы P_{R_i} i -го риска в виде формулы (1):

$$P_{R_i} = M_{R_i} + \sum_{j=1}^n r(R_i, R_j) \cdot P_{R_j} \quad (1),$$

где M_{R_i} — мера влияния i -го риска на критерии эффективности управления природно-социально-производственными системами;

$r(R_i, R_j)$ — оценка вероятности появления j -го риска как последствия i -го риска;

P_{R_j} — сила j -го риска, представляющего собой следствие i -го риска.

При условии оценки силы терминальных рисков, не имеющих потомков, представленная выше формула сведется к равенству силы риска и меры его непосредственного влияния. Сила же рискованных событий, отображаемых в виде корневых элементов дерева причинно-следственных связей, может быть рассчитана рекурсивно, начиная с листьев.

Результаты оценки силы рискованных событий позволяют подойти к решению задачи формирования квазиоптимальной совокупности контролируемых рисков управления природно-социально-производственными системами. Для решения этой задачи модель характеристик эффективности управления территориальными системами может быть

представлена в виде дерева, корневой узел которого определяет некий обобщенный критерий эффективности, определяющий основную цель внедрения ИПД.

Второй уровень иерархии показателей эффективности управления определяет вариант системной группировки параметров, диктуемый особенностями решаемой задачи. В качестве базового подхода предлагается сегментировать показатели по направлению функционирования территориальных систем безопасности — защиты от угроз гуманитарного, природного (естественного), техногенного характеров. Элементы третьего и последующих уровней определяют структурированную систему показателей эффективности управления природно-социально-производственными системами.

Построение квазиоптимальной совокупности контролируемых рисков управления целесообразно начать с определения степеней влияния дочерних показателей эффективности на обобщенный родительский критерий с последующим ранжированием элементов и выделением значимой совокупности. Следующим шагом становится формирование системы экспертных оценок степени и характера влияния последствий возникновения потенциальных рисков на показатели эффективности процесса управления природно-социально-производственными системами.

Наконец, необходимо учесть ограничения: ресурсоемкость и сложность процессов проектирования, разработки, внедрения и поддержки ИПД (или ее новой версии) как инструмента управления рисками (минимизацией негативных последствий и повышением эффективности использования возможностей). В том случае, если оценка потенциальных затрат на внедрение новых инструментов управления пространственными данными и системами представляет собой величину меньшую, чем затраты на управление рисками без внедрения нового решения, инициирование нового этапа внедрения геоинформационных технологий становится экономически обоснованным.

Другой важной особенностью подхода к управлению природно-социально-производственными системами, ориентированного на анализ и мониторинг рисков, является необходимость в ориентации на гибкую организацию процесса разработки информационных систем (agile software development) [Al-Saqqa, 2020]. Она направлена на минимизацию рисков посредством сведения цепочки процессов проектирования, разработки и внедрения ИПД к серии коротких циклов (итераций), артефактом каждого из которых становится пусть ограниченное с точки зрения функционала и качества, но тем не менее завершённое программно-аппаратное решение, ориентированное на решение прикладных задач в области минимизации рисков. С каждой новой итерацией при этом реализуется развитие функциональных возможностей ИПД, усиление ее качественных характеристик (надежность, отказоустойчивость, эргономичность), а главное — возможность более точного и своевременного мониторинга и управления природно-социально-производственными системами. Следование процессу итерационной гибкой разработки позволяет, в отличие от применения водопадной модели жизненного цикла, снизить риски резкого повышения ресурсоемкости внедрения новых (в т. ч. потенциально ненужных) технологий управления природно-социально-производственными системами.

Анализ опыта разработки информационным систем доказывает целесообразность ориентации на принципы объектно-ориентированного анализа, проектирования и программирования [Aniche, 2019] как набора инженерных подходов к разработке аппаратно-программных комплексов, формируемых на основе системы взаимодействующих объектов, инкапсулирующих в себе данные и методы и взаимодействующих на основе интерфейсов.

Решение проблемы эффективного итерационного функционального и качественного усиления ИПД возможно на основе соблюдения принципов SOLID [Happe, 2017] — 5 основных принципов объектно-ориентированного программирования и проектирования:

- 1) единственной ответственности (single responsibility principle), в рамках реализации которого для каждого системного компонента ИПД должно быть определено единственное назначение, а ресурсы, необходимые для его функционирования, должны быть подчинены только этой задаче;
- 2) открытости/закрытости (open-closed principle), при условии реализации которого ИПД становится выстроенной таким образом, что ее ключевые компоненты становятся открытыми для расширения, при этом необходимость серьезной модификации существующих систем сведена к минимуму;
- 3) подстановки Барбары Лисков (Liskov substitution principle), определяющий схему организации ИПД, в рамках которой подсистемы, использующие определенные базовые модули, должны иметь возможность и производные компоненты без существенных и ресурсоемких модификаций;
- 4) разделения интерфейса (interface segregation principle), при котором в случае изменения интерфейсов компонента не должны меняться подсистемы, которые этот компонент не используют;
- 5) инверсии зависимостей (dependency inversion principle) — выстраивание каркаса ИПД, в рамках которого подсистемы верхних уровней не должны зависеть от нижних, при этом зацепление модулей должно определяться интерфейсами, а не конкретной реализацией компонентов.

Соблюдение обозначенных принципов при решении задачи разработки проектно-ориентированных ИПД приводит к получению следующих эффектов: усиление связности модулей системы как меры их целеполагания на решение единой конкретной задачи и ослабление их взаимного зацепления, взаимозависимости. ИПД, выстроенные на основе сильно связанных и при этом слабо зацепленных компонентов, приобретают свойства модифицируемости, хорошей сопровождаемости, а также отказоустойчивости.

Результаты этапа оценки рисков становятся отправной точкой в решении задачи проектирования функциональных и качественных требований к инфраструктуре пространственных данных как инструмента управления природно-социально-производственными системами. В том случае, когда конечной целью проектных работ по проектированию, разработке, внедрению и сопровождению ИПД становится минимизация угроз и максимизация позитивных рисков (благоприятных возможностей), связанных с управлением территориально-распределенными ресурсами, появляется обоснованная возможность снижения временных, ресурсных, технических и качественных рисков процесса технической реализации системы управления пространственными данными.

Спроектированная, разработанная и развернутая ИПД в свою очередь становится инструментом осуществления мониторинга и управления рисками организационной деятельности, выстроенной вокруг взаимодействия с территориально распределенными природно-социально-производственными системами. Решение задачи оптимизации процессов консолидации и использования пространственных данных для управления природно-социально-производственными системами должно ориентироваться на критерии: достижение целевых эффектов ИПД, ресурсоемкости и сложности (организационной, операционной, алгоритмической, компетентностной, временной) процессов поддержки (построения, модификации, практического использования) при решении задач управления природно-социально-производственными системами. С точки зрения верхнего уровня абстракции, ИПД может быть декомпозирована на подсистемы анализа, центры хранения пространственных данных и компоненты визуализации, основанные на применении геопортальных систем.

Достижимость целевых эффектов (уменьшение влияния негативных рисков и повышение эффективности использования благоприятных возможностей), снижение ресурсоемкости и временной сложности модификации ИПД позволяет обосновать целесообразность внедрения ИПД для решения задач управления природно-социально-производственными системами. Ключевую роль в данном контексте играют задачи повышения эффективности мониторинга состояния территориально-распределенных систем, усиление качества, точности и быстродействия процесса управления агентами-посредниками по взаимодействию с удаленными объектами и ресурсами, скорости реагирования на чрезвычайные ситуации природного и природно-техногенного характеров.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проблемно-ориентированные геопортальные системы находят применение в различных отраслях народного хозяйства, решая задачи управления негативными и позитивными рисками. В данном разделе дана характеристика проектных решений, разработанных под руководством авторов статьи и направленных на формирование инструментов управления территориальными системами.

Примером информационной системы, реализованной с использованием парадигмы проектирования на основе процессов управления рисками является геопортал «Природное и культурное наследие Республики Мордовия», представленный на рисунке 5. Решение задач сохранения наследия предусматривает как непосредственную охрану и восстановление природных, исторических и культурных памятников, так и их системное изучение, рациональное использование, популяризацию знаний в обществе, в т. ч. среди молодежи.

Проект нацелен на решение проблемы использования имиджевого потенциала природного и культурного наследия региона как системы позитивных рисков (возможностей). Цифровое картографирование, системный анализ и распространение знаний о ключевых компонентах природного и исторического наследия Республики Мордовия в культурном ландшафте дает возможность развития туристской отрасли, способной стать одним из драйверов социально-экономического развития регионов России.

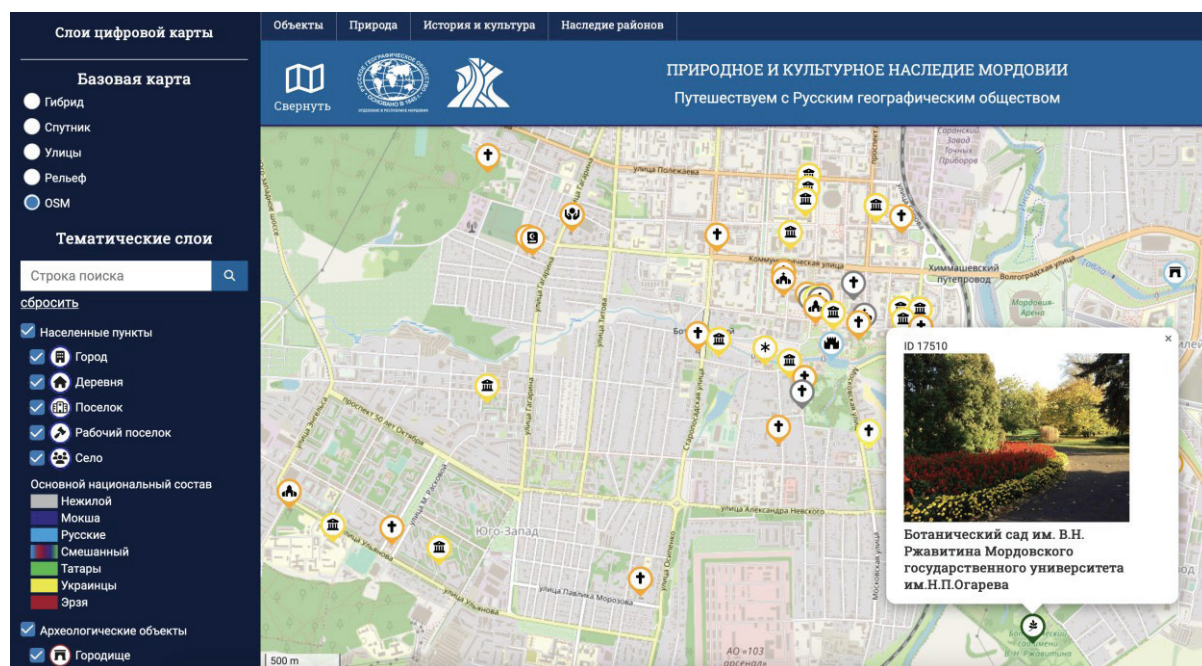


Рис. 5. Геопортал «Природное и культурное наследие Республики Мордовия»
Fig. 5. Geportal "Natural and cultural heritage of the Republic of Mordovia"

Эффективность развития туристской отрасли в значительной мере опирается на реализацию потребности в многоуровневой географической информации о территории, содержащей знания о свойствах объектов интереса и представляемой в виде системы интерактивных цифровых карт. Функционирование геопортала «Природное и культурное наследие Республики Мордовия» опирается на реляционное хранилище данных, систематизирующее пространственные данные о пространственных объектах следующих тематических категорий:

- 1) «Реки»: дана гидрологическая характеристика более 170 рек региона;
- 2) «Особо охраняемые природные территории» (ООПТ): системное описание Национального парка «Смольный», Мордовского государственного природного заповедника им. П.Г. Смидовича, Ботанического сада им. В.Н. Ржавитина Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарева, ботанические, геологические, гидрологические, дендрологические, зоологические, комплексные памятники природы (более 90 объектов);
- 3) «Археологические объекты» региона с описанием возраста и культурологических аспектов: городища, грунтовые могильники, курганы, местонахождения, поселения, стоянки, фортификации (690 объектов);
- 4) «Населенные пункты», включая информацию о топонимике, времени возникновения или первого упоминания, преобладающей национальности, особенностях развития городов, деревень, поселков и сел (более 1200 объектов);
- 5) «Религиозные объекты»: характеристика храмов различных конфессий, в т. ч. соборов и мечетей (более 550 объектов);
- 6) «Объекты культуры»: этно-культурные центры, музеи, места проведения праздников и фестивалей, мемориальные памятники, связанные с жизнью замечательных людей (более 80 объектов).

На цифровой карте геопортала также представлена информация о туристических речных маршрутах, раскрывающих туристический потенциал региона с целью решения задачи управления позитивными рисками. В целом в рамках цифровой карты «Природное и культурное наследие Республики Мордовия. Путешествуем с Русским географическим обществом»¹ представлена информация о более чем 2 800 объектах природного, исторического и культурного наследия. Геопортал нацелен на содействие управлению процессами туристско-рекреационного освоения региона на основе использования тематических пространственных данных о региональных метагеосистемах.

В рамках проекта конечной целью работ по разработке портала была обозначена необходимость максимизация эффекта использования позитивных рисков (благоприятных возможностей), связанных с управлением системами природного, исторического и культурного наследия. Достижение этого результата становится возможным посредством эффективного распространения комплексной (ландшафтной, исторической, культурологической, социологической, экономической, экологической) информации о регионе посредством созданного геопортала, решающего сформулированную проблему за счет содействия достижению следующих целевых эффектов:

- 1) организация информационного обеспечения процесса проведения инвестиционных кампаний для привлечения средств на сохранение объектов наследия;
- 2) информирование о процессах развития туристской инфраструктуры;
- 3) привлечение внимания к проблемам сохранения и развития народных традиций и ремесел;
- 4) реализация комплекса мер повышению имиджа элементов природного и исторического наследия.

¹ Геопортал. Электронный ресурс: <https://map.rgo.life/> (дата обращения 01.02.2023).

Приведем пример геопортальной системы, разработанной в рамках конкурса Агентства стратегических инициатив по продвижению новых проектов и предназначенной для решения задачи визуализации территории затопления. Графические интерфейсы геопортала представлены на рис. 4. Проект апробирован на тестовом полигоне «Волхов», расположенном на территории Новгородской области в районе, где из оз. Ильмень вытекает р. Волхов и располагается г. Великий Новгород (между $58^{\circ}24'7''$ и $58^{\circ}45'50''$ с. ш., $31^{\circ}00'57''$ и $31^{\circ}48'51''$ в. д.).

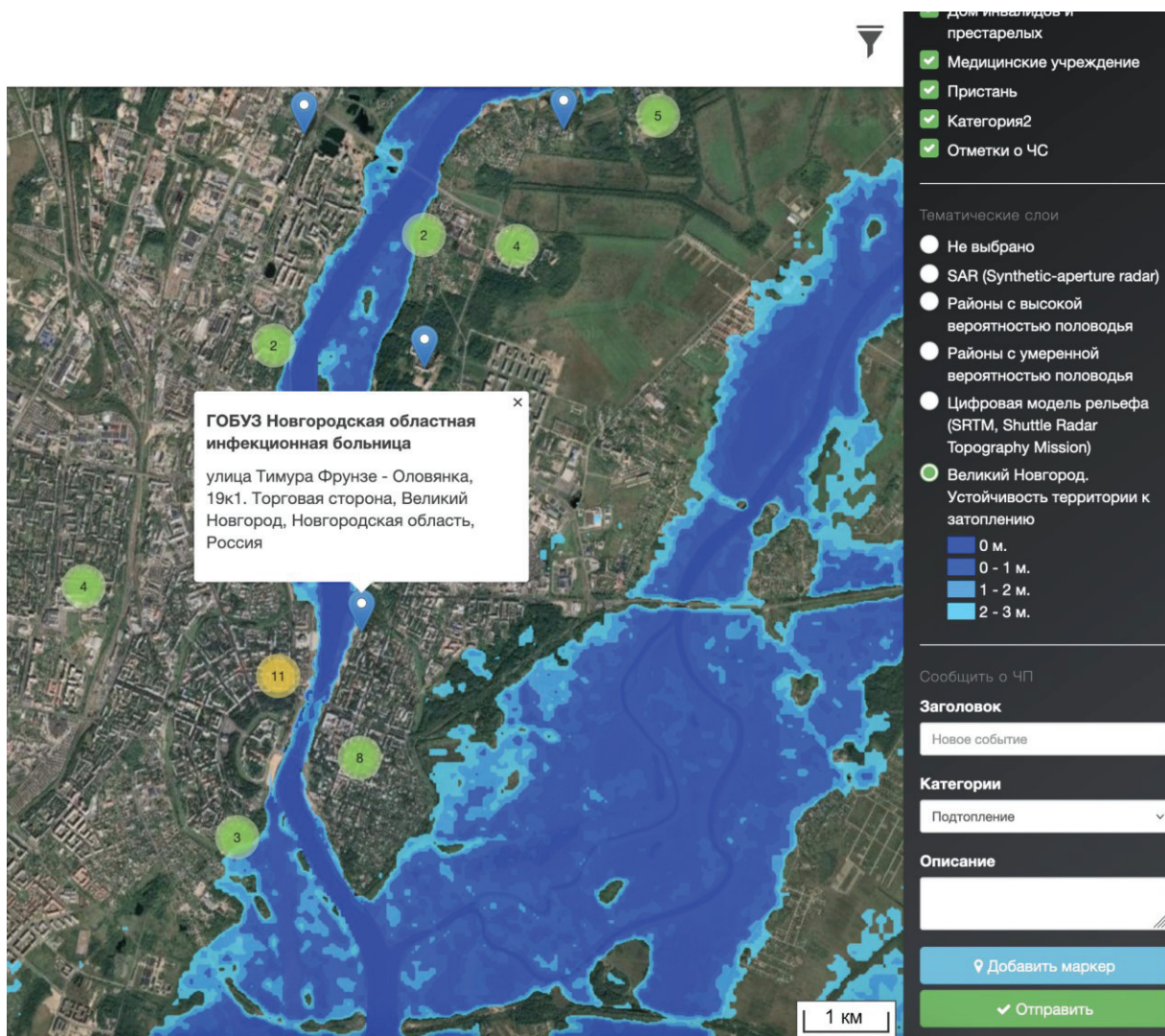


Рис. 4. Геопортальная система визуализации территории затопления
Fig. 4. Geoportals system for visualization of the flooded area

Проектирование системы изначально осуществлялось, исходя из необходимости решения задачи планирования, идентификации, анализа, мониторинга и управления рисками, связанными с опасностью паводков. Информационная система позволяет визуализировать на цифровой карте потенциальную территорию затопления при условии различной степени подъема уровня воды. В рамках системы внедрена также возможность визуализации ключевых объектов социальной и хозяйственной инфраструктуры, что позволяет оценить степень угрозы их затопления. В геопортальных интерфейсах функционирует виджет, визуализирующий данные с гидропостов. Наконец, модуль

обратной связи позволяет сообщить пользователям системы о чрезвычайной ситуации и отметить место маркером на цифровой карте. Инструменты администрирования позволяют редактировать реестр объектов в системе и модерировать сообщения о чрезвычайной ситуации с геопространственной привязкой.

Представленные проекты разработаны на основе использования открытого программного обеспечения. Ключевые компоненты, обеспечивающие функционирование инфраструктуры пространственных данных, реализованы с использованием микросервисного подхода и представляют собой изолированные системы, решающие конкретные задачи. Геопорталы построены на основе архитектурного паттерна Model-View-Controller, предписывающего необходимость декомпозиции информационной системы на компоненты обработки данных, визуализации интерфейсов и управления бизнес-логикой. Использование такого подхода позволяет решить проблему обеспечения модифицируемости системы, посредством эффективной реализации основных принципов объектно-ориентированного программирования и проектирования. В качестве базового языка программирования для разработки серверных модулей использован язык Python, а роль основной системы управления базами данных выполняет PostgreSQL. Графические интерфейсы пользователя спроектированы на основе технологий адаптивной верстки, работа интерактивных цифровых карт реализована посредством языка JavaScript и вспомогательных библиотек с открытым исходным кодом.

ВЫВОДЫ

В статье дана характеристика процесса внедрения инфраструктур пространственных данных для управления метагеосистемами на основе идентификации, анализа и мониторинга рисков. Система задач по оптимизации управления природно-социально-производственными системами сведена к трем позициям: первую категорию составляют условия безопасности жизнедеятельности человека, вторую — стабильность материальной и духовной деятельности общества, т. е. его устойчивое развитие, третью — высокое качество жизни населения.

Иерархически упорядоченные природно-социально-производственные системы (метагеосистемы) могут быть определены как системы обеспечения безопасности, стабильности и качества жизни населения, реализуя функцию защиты от угроз гуманитарного, природного (естественного) и техногенного характеров. Основываясь на данном положении, можно утверждать, что задача управления в пространственно-распределенных системах должна основываться на решении проблемы планирования, идентификации, анализа, мониторинга и управления рисками. Таким образом, проектируемые и внедряемые инфраструктуры пространственных данных должны представлять собой информационные системы, являющиеся инструментом идентификации, анализа и мониторинга рисков, возникающих в организационных системах.

Процесс управления рисками может быть интегрирован в процесс итерационного внедрения и использования ИПД в качестве входного этапа для стадии анализа требований к ИПД. В свою очередь, разработанные или усиленные версии инфраструктуры пространственных данных становятся инструментом мониторинга и управления рисками в организационных системах, деятельность которых связана с использованием пространственно-распределенных ресурсов. Задачи идентификации, анализа и мониторинга рисков должны рассматриваться в плоскости оценки влияния негативных и позитивных рисков событий на критерии эффективности ИПД в области управления метагеосистемами с учетом наличия зависимостей между возникновением рисков. Результаты оценки силы рисков событий позволяют подойти к решению задачи

формирования совокупности контролируемых рисков управления природно-социально-производственными системами и становятся отправной точкой в решении задачи проектирования функциональных и качественных требований к инфраструктуре пространственных данных как инструмента управления метагеосистемами.

Оптимизация процессов консолидации и использования пространственных данных в управлении природно-социально-производственными системами должна ориентироваться на критериях достижимости целевых эффектов ИПД, ресурсоемкости и сложности процессов поддержки внедряемых информационных систем. Достижимость целевых эффектов (уменьшение влияния рисков), снижение ресурсоемкости и временной сложности модификации ИПД позволяет обосновать целесообразность внедрения ИПД для решения задач управления природно-социально-производственными системами. Важной особенностью подхода по управлению природно-социально-производственными системами, ориентированного на анализ и мониторинг рисков, является необходимость в ориентации на гибкую организацию процесса разработки геоинформационных систем. Решение проблемы эффективного итерационного функционального и качественного развития ИПД возможно на основе соблюдения принципов SOLID.

Результаты проектирования и разработки геопортальных систем как инструментов управления пространственно-распределенными ресурсами и объектами спроектированы с точки зрения решения задач управления позитивными и негативными рисками. Геопортальная система визуализации территории затопления позволяет визуализировать на цифровой карте потенциальную территорию затопления при условии различной степени подъема уровня воды.

Геопортал «Природное и культурное наследие Республики Мордовия» нацелен на решение проблемы использования имиджевого потенциала природного и культурного наследия региона как системы позитивных рисков (возможностей): в рамках цифровой интерактивной карты системы представлена информация о более чем 2 800 объектах природного, исторического и культурного наследия. Геопортал нацелен на содействие управлению процессами туристско-рекреационным освоением региона на основе использования тематических пространственных данных о региональных метагеосистемах.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-27-00651, <https://rscf.ru/project/22-27-00651/>.

ACKNOWLEDGEMENTS

The research was supported by Russian science foundation (project No. 22-27-00651), <https://rscf.ru/en/project/22-27-00651/>.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Артоболевский С.С., Бабурин В.Л., Бакланов П.Я., Касимов Н.С., Колосов В.А., Котляков В.М., Люри Д.И., Тишков А.А. Стратегии пространственного развития в Российской Федерации: географические ресурсы и ограничения. Известия Российской академии наук. Серия географическая, 2009. № 3. С. 8–17.

Николаев В.А. Классификация и мелкомасштабное картографирование ландшафтов. М.: Издательство Московского университета, 1978. 62 с.

Тикунов В.С., Котова Т.В., Белоусов С.К. Экологическое состояние: определение, показатели, картографирование. ИнтерКарто. ИнтерГИС, 2021. Т. 27. № 1. С. 165–194. DOI: 10.35595/2414-9179-2021-1-27-165-194.

Черкашин А.К. Метатеоретическое системное моделирование природных и Социальных процессов и явлений в неоднородной среде. Информационные и математические технологии в науке и управлении, 2019. № 1 (13). С. 61–84. DOI: 10.25729/2413-0133-2019-1-06.

Al-Saqqa S., Sawalha S., AbdelNabi H. Agile software development: Methodologies and trends. International Journal of Interactive Mobile Technologies, 2020. V. 14. No. 11. DOI: 10.3991/ijim.v14i11.13269.

Aniche M., Yoder J., Kon F. Current challenges in practical object-oriented software design. 2019 IEEE ACM 41st International Conference on Software Engineering: New Ideas and Emerging Results (ICSE-NIER), 2019. P. 113–116.

Faraji A. Rashidi M., Perera S., Samali B. Applicability-compatibility analysis of PMBOK seventh edition from the perspective of the construction industry distinctive peculiarities. Buildings, 2022. V. 12. No. 210.

Gkonos C., Iosifescu Enescu I., Hurni L. Spinning the wheel of design: Evaluating geoportal Graphical User Interface adaptations in terms of human-centred design. International Journal of Cartography, 2019. V. 5. No. 1. P. 23–43. DOI: 10.1080/23729333.2018.1468726.

Happe A., Duncan B., Bratterud A. Unikernels for cloud architectures: How single responsibility can reduce complexity, thus improving enterprise cloud security. COMPLEXIS, 2017. P. 30–41.

Heaton J., Datta A., Finley A.O. A case study competition among methods for analyzing large spatial data. Journal of Agricultural, Biological and Environmental Statistics, 2019. V. 24. No. 3. P. 398–425. DOI: 10.1007/s13253-018-00348-w.

Lee J., Kang M. Geospatial Big Data: Challenges and opportunities. Big Data Research, 2017. V. 2. No. 2. P. 74–81. DOI: 10.1016/j.bdr.2015.01.003.

Räsänen A., Lein H., Bird D., Setten G. Conceptualizing community in disaster risk management. International Journal of Disaster Risk Reduction, 2020. V. 45. Art. 101485. DOI: 10.1016/j.ijdr.2020.101485.

Yamashkin S.A., Yamashkin A.A., Zanozin V.V., Radovanovic M.M., Barmin A.N. Improving the efficiency of deep learning methods in remote sensing data analysis: Geosystem approach. IEEE Access, 2020. V. 8. P. 179516–179529. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3028030.

REFERENCES

Al-Saqqa S., Sawalha S., AbdelNabi H. Agile software development: Methodologies and trends. International Journal of Interactive Mobile Technologies, 2020. V. 14. No. 11. DOI: 10.3991/ijim.v14i11.13269.

Aniche M., Yoder J., Kon F. Current challenges in practical object-oriented software design. 2019 IEEE ACM 41st International Conference on Software Engineering: New Ideas and Emerging Results (ICSE-NIER), 2019. P. 113–116.

Artobolevsky S.S., Baburin V.L., Baklanov P.Ya., Kasimov N.S., Kolosov V.A., Kotlyakov V.M., Lyuri D.I., Tishkov A.A. Spatial development strategies in the Russian Federation: Geographical resources and constraints. Izvestia RAN. Seriya Geograficheskaya (News of the Russian Academy of Sciences. Geographical series), 2009. No. 3. P. 8–17 (in Russian).

Cherkashin A.K. Metatheoretical system modeling of natural and social processes and phenomena in a heterogeneous environment. Information and Mathematical Technologies in Science and Management, 2019. No. 1 (13). P. 61–84 (in Russian). DOI: 10.25729/2413-0133-2019-1-06.

- Faraji A., Rashidi M., Perera S., Samali B.* Applicability-compatibility analysis of PMBOK seventh edition from the perspective of the construction industry distinctive peculiarities. *Buildings*, 2022. V. 12. No. 210.
- Gkonos C., Iosifescu Enescu I., Hurni L.* Spinning the wheel of design: Evaluating geoportal Graphical User Interface adaptations in terms of human-centred design. *International Journal of Cartography*, 2019. V. 5. No. 1. P. 23–43. DOI: 10.1080/23729333.2018.1468726.
- Happe A., Duncan B., Bratterud A.* Unikernels for cloud architectures: How single responsibility can reduce complexity, thus improving enterprise cloud security. *COMPLEXIS*, 2017. P. 30–41.
- Heaton J., Datta A., Finley A.O.* A case study competition among methods for analyzing large spatial data. *Journal of Agricultural, Biological and Environmental Statistics*, 2019. V. 24. No. 3. P. 398–425. DOI: 10.1007/s13253-018-00348-w.
- Lee J., Kang M.* Geospatial Big Data: Challenges and opportunities. *Big Data Research*, 2017. V. 2. No. 2. P. 74–81. DOI: 10.1016/j.bdr.2015.01.003.
- Nikolaev V.A.* Classification and small-scale mapping of landscapes. Moscow: Moscow University Press, 1978. 62 p. (in Russian).
- Räsänen A., Lein H., Bird D., Setten G.* Conceptualizing community in disaster risk management. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 2020. V. 45. Art. 101485. DOI: 10.1016/j.ijdr.2020.101485.
- Tikunov V.S., Kotova T.V., Belousov S.K.* Ecological state: Definition, indicators, mapping. *InterCarto. InterGIS*, 2021. V. 27. Part 1. P. 165–194 (in Russian). DOI: 10.35595/2414-9179-2021-1-27-165-194.
- Yamashkin S.A., Yamashkin A.A., Zanozin V.V., Radovanovic M.M., Barmin A.N.* Improving the efficiency of deep learning methods in remote sensing data analysis: geosystem approach. *IEEE Access*, 2020. V. 8. P. 179516–179529. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3028030.
-