

УДК: 332.14: 004.4 (575.2)

Тимашев С.А.,
доктор технических наук, профессор
Научно-инженерный центр
«Надежность и ресурс больших систем и машин» УрО РАН

СТРАТЕГИЯ ТРАНСФОРМАЦИИ ИССЫК-КУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ В СУПРАЖИВУЧИЙ УМНЫЙ РЕГИОН

Аннотация. Данная работа выполнена в рамках Указа Президента Кыргызской Республики Сооронбая Жээнбекова от 11 января 2019 г.

УП № 1 «Об объявлении 2019 года Годом развития регионов и цифровизации страны» и представлена в виде доклада на III Международном круглом столе «Биологическая и продовольственная безопасность, экология и современные цифровые технологии» в г. Бишкек, Кыргызстан, 16–17 сентября 2019 г. В статье отражены также решения данного Круглого стола в части создания умного региона на базе Иссык-Кульской области.

Ключевые слова: умный регион, цифровые государственные услуги, блокчейн технология, цифровизация, прогноз.

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН ЫСЫК-КӨЛ ОБЛУСУНДА САНАРИПТИК АКЫЛДУУ АЙМАКТЫ ТҮЗҮҮНҮН СТРАТЕГИЯСЫ

Аннотация. Илимий эмгек Ысык-Көл облусунун аймагындагы «санариптик акылдуу аймак» түзүүнүн жолдоруна арналып, Кыргыз Республикасынын Президентинин «2019-жылды Региондорду өнүктүрүү жана өлкөнү санариптештирүү жылы деп жарыялоо жөнүндө» 2019-жылдын 11-январындагы ПЖ № 1 алкагында аткарылды.

Негизги сөздөр: акылдуу аймак, мамлекеттик blockchain технологиясы, санариптик кызмат, санариптештирүү, болжол.

THE STRATEGY OF TRANSFORMING THE ISSYK-KUL OBLAST OF THE KYRGHYZ REPUBLIC INTO A SUPRARESILIENT SMART REGION

Abstract. This research was carried out in the framework of the President of the Kyrgyz Republic *Sooronbay Jeenbekov's* Decree as of January 11, 2019, No. 1 «On declaring 2019 the Year of Regional Development and Digitalization of the Country» and presented as a report at the III International Round Table “Biological and Food Security, Ecology and Modern Digital Technologies «in Bishkek, Kyrgyzstan, September 16–17, 2019. The article also reflects the decisions of this Roundtable regarding the creation of a smart region based on the Issyk-Kul Oblast.

Key words: smart region, digital government services, blockchain technology, digitalization, forecasting, supra-volatility.

1. Преамбула

Руководители регионов стран во всем мире сталкиваются с все возрастающей проблемой обеспечения благополучия своих территорий, городов и общин в связи с ростом широкого спектра природных и техногенных угроз (землетрясения, сели, наводнения, ураганы, засухи, загазованность, промышленные аварии и катастрофы, социальная напряженность, террористическая деятельность, и т.п.). Как добиться заявляемой цели – сделать свои регионы инклюзивными, безопасными, живучими и устойчивыми к развитию, что позволит им стать умными? В данной статье сделана попытка ответить позитивно на эти вопросы применительно к Иссык-Кульской области республики Кыргызстан с позиций конвергентной технологии МА-ИКС и основанной на ней зонтичной науки инфранетики. Начнем с краткого описания основных трендов мировой цивилизации и как в них вписывается современный Кыргызстан.

2. Глобальный экзистенциальный фон и основные тенденции развития мировой цивилизации

За последние годы наблюдаются тектонические сдвиги в мире во всех областях человеческого существования. Видимое ускорение научно-технического прогресса: (появление первых квантовых компьютеров, которые в сотни миллионов раз быстрее современных суперкомпьютеров, что открывает прямой путь к созданию сверхума и успешные эксперименты по телепортации микрочастиц), рост числа экономических вызовов и обострение конкуренции на мировой сцене, возникновение ранее не существовавших техногенных и социально-общественных угроз. Социальные сети общего (В Контакте, Facebook, Twitter, Instagram) пользования, по сути – специального вида инфраструктуры – охватили уже миллиарды людей, и позволили практически мгновенную мобилизацию огромных масс людей на осуществление социальных идей не обязательно позитивной направленности. В это же вре-

мя инфраструктуры специального назначения (LinkedIn, ResearchGate, Mendeley) позволяют создавать виртуальные научные коллективы, члены которых успешно работают на разных континентах мира.

Глобальное потепление стало общепризнанным научно доказанным фактом. Ускоряется мировая урбанизация: В 2018 г. 51% мирового населения проживало в городах. К 2050 году 70% населения планеты будут горожанами, при этом наблюдается глобальная тенденция смещения человеческих масс с севера на юг, где тепло, много солнца и разнообразнее биомасса. Север теряет население. Фонд Рокфеллера в 2013 г. выступил с инициативой и финансовой поддержкой для создания 100 живучих городов мира.

В 2015 году запущен проект возрождения «Великого шелкового пути» с реализацией глобального инфраструктурного проекта «Один пояс – один путь» (Китай). Часть этого пути всегда проходила через территорию современного Кыргызстана [1]. Разрабатывается трансконтинентальный транспортный коридор Север-Юг (Россия-Азербайджан-Иран-Индия) и межрегиональный проект железной дороги «Хоккайдо-Сахалин-Дальний Восток России» (Япония-Россия).

Многие региональные бюджеты по разным причинам продолжают сокращаться (относительно реальных потребностей, которые зачастую растут быстрее региональных возможностей), что лишает регионы финансовых и квалифицированных человеческих ресурсов. Катастрофические события «один раз в сто/тысячу и даже миллион лет» фактически происходят гораздо чаще. Сочетание этих двух факторов оказывает огромное давление на регионы и города; часто они осознаются только тогда, когда происходит что-то непоправимое. Резко увеличились как позитивная энтропия роста, так и негативная энтропия деградации человеческой цивилизации, причем непонятно, что растет быстрее.

Появление технологий следующего поколения неоспоримо свидетельствует

о переходе человечества к новому, четвертому укладу, в котором наука явится основным инструментом решения всех возникающих проблем, и, одновременно, источником новых рисков планетарного масштаба. Наблюдается ускоренный рост всех форм эпистемных (принципиально неудаляемых) и алеаторных неопределенностей, и связанных с ними рисков; повышение роли человеческого фактора (как индивидуального, так и коллективного) в возникновении аварий и катастроф, в том числе катастрофы по типу Черный Лебедь. Черный лебедь – это событие, обладающее следующими свойствами: оно аномально и потому мало предсказуемо, обладает огромной (относительной) силой воздействия; человеческая природа заставляет нас придумывать пост-фактум объяснения случившемуся, делая шоковое событие объяснимым и предсказуемым.

Среди ряда представителей общественных наук наблюдается слепота по отношению к случайности, особенно, крупномасштабной. В их работах вероятность черных лебедей исключена как таковая, хотя логика Черного лебедя делает то, чего мы не знаем, гораздо более важным, чем то, что мы знаем (не знаем, что мы не знаем).

Стоимость ликвидации природных и техногенных катастроф стала превышать годовой прирост ВВП стран некоторых регионов Земли. В России ежегодный экономический ущерб от ухудшения экологической обстановки составляет 4-6% ВВП и имеют тенденцию к росту (Российская Газета 05 июня 2013 г. №119). По мнению акад. С. Глазьева, если годовой прирост ВВП не превышает 2%, то развитие страны топчется на месте – весь прирост ВВП расходуется на «латание» последствий аварий и катастроф. Поэтому современный способ подсчета ВВП безнадежно устарел.

Семимильными шагами развивается биология (в том числе, ее прикладные разделы – животноводство и растениеводство) и геновая инженерия. Только моральные скрепы не позволяют (пока) человечеству начать разрабатывать технологию созда-

ния «людей из пробирки». Достижения медицины позволяют прогнозировать скорую победу над всеми (существующими) болезнями и достижения практического бессмертия, которое, однако, сможет себе позволить только 0.01 процента населения «золотого миллиарда». Одновременно наблюдается стагнация и уменьшение численности среднего класса. Неумолимо надвигается глобальная катастрофа-расслоение населения на бедных и (сверх) богатых, что чревато социальными потрясениями мирового масштаба в ближайшем историческом будущем.

Из наблюдаемых четырех глобальных тенденции: (1) цифровизация (Big Data); (2) урбанизация; (3) мобильность; (4) увеличение продолжительности жизни в добром здравии, самыми крупномасштабными сдвигами характеризуется глобальная цифровизация.

Глобализация характеризуется активной интернетизацией транспорта, энергетики, строительства, ЖКХ, медицины, образования, а также всех отраслей сельского хозяйства. Она привела к *появлению локального* интернета (предприятия) – симбиоза последних достижений микроэлектроники, компьютерной техники, искусственного интеллекта и цифровой технологии. В результате этого возник Интернет вещей (ИВ – IoT) или интернет-индустрия, *базовой инфраструктурой* которой становится интернет-цифровая платформа, которая обеспечивает эффективное взаимодействие всех объектов промышленного (и сельскохозяйственного) производства на основе Интернета. Одновременно с этим были разработано множество специализированных платформ для обеспечения взаимовыгодного взаимодействия между производителями и потребителями в широком смысле этих слов. Так родилась платформенная модель бизнеса, которая упразднила посредников в бизнесе. Частным случаем этого стала так называемая *блокчейн технология*, изначально предназначавшаяся для надежного учета активов и операций с ними. Она становится надеж-

ной экономической оболочкой в сети Интернет, обслуживающей онлайн платежи, обмен активами, выпуск и исполнение умных контрактов. В связи с этим возникла и новая прикладная наука количественной оценки уровня доверия к человеку (theory of trust).

Цифровизация позволила реализовать идею *цифровых двойников*, когда стало возможным наряду с физическими (реальными) технологиями производства и эксплуатации изделий создать их цифровые двойники с целью обеспечения их надежности и безопасности (к примеру, так был создан президентский автомобиль «Кортеж» для Президента РФ В.В. Путина).

Развитие всеобщей цифровизации имеет и свою негативную сторону.

Согласно теории больших систем, чем сложнее система (в нашем случае, регион, который в ходе цифровизации приобретает все большее число умных сервисов), тем она более уязвима по отношению к внешним и внутренним воздействиям, нагрузкам и стрессорам. По мере «поумнения» регион будет становиться все более *сложной системой систем*. При этом каждая служба региона, сама по себе, является *критичной инфраструктурой*, так как без ее нормального функционирования эффективность всего региона будет под угрозой.

В ходе цифровизации всех социальных структур и служб региона и его экономики, они будут постепенно превращаться во все более сложные автоматизированные инфраструктурные системы, всецело зависящие от бесперебойного потока информации, ее обработки в реальном масштабе времени и своевременного принятия научно-обоснованных решений. Цифровизация региона будет неизбежно сопровождаться ростом *уязвимости* этих взаимозависимых критичных инфраструктур, масштаба хаоса и величины ущерба от неизбежных аварий и катастроф, в том числе, каскадного типа. В результате могут возникнуть такие новые угрозы как:

- Резкое усложнение региональной системы инфраструктур и неизбежный рост энтропии хаоса.

- *Появление новых типов каскадных аварий, связанных с:*

- нарушением непрерывности или искажением потока информации;

- прерыванием снабжения продуктами (материальными компонентами) цепочки взаимозависимых сервисов, необходимых для бесперебойного их функционирования;

- прерыванием снабжения сервисами (в том числе, электроэнергией, водой, теплом) взаимозависимых инфраструктур.

- Усиление ущербов от сельскохозяйственных, биологических, промышленных и транспортных (в том числе, каскадных) аварий, происходящих в «умной среде»;

- Появление синергетических отказов (одновременное появление нескольких независимых инцидентов).

- Возможные проявления *социальной напряженности* из-за сложности идентификации места и размера бедствия и достоверных и полных оценок всех его материальных и социальных последствий.

Цифровизация сама по себе не способна ликвидировать эти угрозы, она для этого вообще не предназначена и может только создавать новые, ранее не существовавшие риски. Необходимо до или в ходе цифровизации придать уже существующим и вновь создаваемым компонентам инфраструктуры свойства живучести при их функционировании в условиях постоянно обновляемой среды.

Появились новые формы экономического и промышленного шпионажа (hacking-хакинг), стратегической разведки (phishing-фишинг), маскировки и увода транспортных средств (автомобилей, судов) от правильного маршрута с помощью систем GPS (spoofing-спуфинг). С помощью малвера (вредоносной программы) stuxnet осуществлена первая успешная кибератака – реальное физическое повреждение центрифуг, используемых Ираном для обогащения урана 235. Ответом на этот вызов стало создание теории *кибербезопасности инфраструктур*.

Создание всеобъемлющей, но невидимой вычислительной сети (ambient com-

puting) всей ноосферы создает предпосылки к тому что в ближайшем будущем ею начнет управлять сверхразум – искусственный интеллект превосходящий человеческий в невообразимое число раз..

Описанный выше экзистенциальный фон мировой цивилизации объективно показывает, что лицам принимающим решения на уровне регионов (ЛПРр) необходимо учитывать перечисленные выше мировые тенденции при планировании своей деятельности и для позитивной дальней перспективы развития своего региона.

В условиях, когда способность общества предотвратить гибель людей и ухудшение качества окружающей среды конечна и ограничена его способностью создавать общественное богатство, глобальной проблемой, требующей своего решения, является минимизация территориального, регионального ущерба путем оптимизации распределения (объема, места и времени приложения) всегда ограниченных ресурсов на нужды безопасности. Это эквивалентно уменьшению интегральных последствий аварий и катастроф за счет применения всей гаммы методов и средств защиты от вновь возникающих, в том числе, климатических и возможных социально-экономических угроз.

Все перечисленное выше кардинальным образом меняет все парадигмы развития современных фундаментальных, прикладных и инженерных наук, связанных с техническим прогрессом. Действительно, аддитивная 3D технология меняет наши представления о сути материаловедения, если материал «образуется», а конструкция создается в едином по времени технологическом цикле принтера. Диагностика материалов, конструкций, изделий, и сооружений созданных по технологии 3D становится интегральной частью этих систем; мониторинг осуществляется с помощью встроенных в систему беспроводных датчиков и аккумулируется в «облаке», где производятся все вычисления и анализ больших накопленных данных, а где это невозможно/невыгодно – с помощью

роботов, беспилотных интеллектуальных дронов или автоматизированных судов. Мейнтенанс (техническое обслуживание и ремонт) в ближайшем будущем будет производиться с помощью умных роботов. Цифровизация позволяет создавать цифровых двойников (или близких родственников) проектируемых или эксплуатируемых объектов и отслеживать в реальном масштабе времени поведение реального объекта и его двойника и на основе выявляемых расхождений их технических параметров судить о его состоянии, остаточном ресурсе, надежности и безопасности.

Для России, объективно отстающей от развитых держав в плане инноваций, возник абсолютный императив ускоренного создания целенаправленных фундаментальных и прикладных знаний и, на их основе, умных устройств, инфраструктур и целых систем. Это также предъявило к фундаментальной и прикладной науке ЕвразЭС новые, гораздо более высокие требования по качеству и скорости производства новых знаний.

Практическим выводом из этого является необходимость ориентирования теоретиков и прикладников-специалистов в области надежности, безопасности и риска на решение задач, которые могут возникнуть в результате применения такой технологии при создании и эксплуатации объектов инфраструктур нового поколения на всех этапах их жизненного цикла.

Наиболее важным следствием цифровизации в контексте рассматриваемой нами проблемы является проблема создания умных регионов, где проживающее там население осуществляет свою креативную, когнитивную и социальную деятельность. Речь идет о методологии придания региону свойств супраживучести (суть термина раскрыта ниже) для превращения его в умный устойчивый к развитию регион на основе использования программно-аппаратного комплекса ПАК ЖИБУР (живучесть и безопасность умного региона) состоящих из умных сенсоров, датчиков, пакета ал-

горитмов, интернета вещей и современных инфраструктур. Здесь следует отметить, что зарубежный бизнес быстро отреагировал на этот устойчивый и все ускоряющийся тренд созданием и предложением оборудования для умных производств и инфраструктур, прежде всего городских. Однако эти smart-устройства, вместе с предлагаемым к этому железу софтвером могут оказаться «троянским конем» и проводником кибератак на ключевые инфраструктуры жизнеобеспечения населения регионов и городов. Поэтому приобретение этих компонентов для ПАК ЖИБУР должно быть хорошо обосновано.

Не вдаваясь в излишние для данной статьи подробности скажем, что любому непредвзятому наблюдателю ясно, что современный Кыргызстан имеет все необходимые (политическая воля) и достаточные (супраживучие умные и образованные люди, уникальные природные ресурсы) условия и средства, чтобы сделать квантовый скачок, освоить инновационные технологии, и сохраняя свои исконные традиции, осуществить вековую мечту – преобразовать свою страну в государство всеобщего благоденствия [1].

Перейдем поэтому к рассмотрению основных свойств критичных инфраструктур, которые понадобятся нам при создании супраживучего умного региона.

3. Краткое описание критичных инфраструктур [2]

Современные инфраструктуры являются основой экономики, средством устойчивого роста ВВП, средне ожидаемой продолжительности жизни (СОПЖ) здорового населения и показателем стабильности страны. Ни власть, ни сельское хозяйство и промышленность, ни академические учреждения не могут себе позволить проигнорировать наблюдаемое фронтальное наступление континуума комбинаций возможностей и рисков, которая сопровождается возникновением и практическим использованием умных инфраструктур нового поколения.

Суть, форма и успех современного общества будут определяться производи-

тельностью цифровых производственных технологий и характеристиками услуг, которые будут оказываться через эти инфраструктуры.

Под *критичной инфраструктурой* (КИ) в научном плане понимается многокомпонентная распределенная биоготехническая система «социум – человек – критичная инфраструктура – среда (СЧИС)», состоящая из множества *взаимозависимых* КИ и взаимодействующих объектов и групп людей, рассматриваемых на конкретной территории в определенный отрезок времени. Системы (сети) инфраструктур состоят из [2]:

- *хардвэра* (комплексов и парков машин (промышленного, строительного и сельскохозяйственного назначения), приборов, аппаратуры, компьютеров, проводных, кабельных и беспроводных коммуникаций, конструкций, зданий и сооружений);

- *софтвэра* (программных комплексов, реализующих логистику транспорта и производства продукции, услуг и жизнеобеспечения, а также систем, использующих институциональные знания, социальные и культурные обычаи, для создания индустриальных, сельскохозяйственных и общественных регламентов);

- *корпуса специалистов*, которые управляют и обслуживают эти системы. В совокупности эта триада образует инфраструктуры, распределенные по всей планете.

Эта, по образному выражению М. Горького, *вторая природа* – глобальный феномен, в отличие от первой природы (которую человек планомерно истребляет), непрерывно и достаточно быстро растет.

Врожденное триединство инфраструктур как объекта исследования имеет принципиальное значение, так как позволяет холистически анализировать процесс создания материального производства, организацию его эффективного функционирования и одновременно, всесторонне учитывать человеческий фактор.

Инфраструктуры создаются для обеспечения безопасности и защиты жизни и стабильного развития экономики и обще-

ства. Такие системы призваны обеспечивать:

1) стабильное функционирование какого-либо потенциально опасного объекта (ПОО), кластера или целой отрасли сельского хозяйства или индустрии;

2) поддерживать жизнедеятельность населения и устойчивое развитие территории его проживания.

Критичные инфраструктуры являются одновременно своего рода *посредником и проводником* между окружающей средой и обществом. Катастрофа или авария, произошедшая с взаимозависимых критичных инфраструктур (ВКИ), немедленно распространяется как на окружающую среду, так и на население региона.

Актуальность и практическая ценность фундаментальных и прикладных исследований в этой области огромна: уменьшение риска критичных инфраструктур (КИ) приводит к увеличению СОПЖ населения в добром здравии и увеличению регионального богатства – валового продукта (РВП). А это и есть императивные цели государств ЕврАзЭС и их регионов и муниципалитетов на долгую перспективу.

Проблема оценки и управления региональным риском *сводима* к проблеме надежности и безопасности *полной* системы ВКИ этого региона. С междисциплинарных позиций предлагается *принципиально новый* подход к *упреждающему* управлению (менеджменту) техногенным риском критичных инфраструктур региона по критерию максимальной общественной пользы.

Из вышесказанного ясно, что системы инфраструктур – главный экономический и социальный инструмент ЛПР, с помощью которого можно эффективно управлять современным обществом. Поэтому *непрерывная целостность и работоспособность* этого инструментария является главной заботой властных структур региона. Эти качества обеспечиваются живучестью критичных инфраструктур.

Рассмотрим живучесть инфраструктур более подробно.

4. Живучесть региональных критических инфраструктур и территорий: современная концепция [3–8]

Живучесть – это способность той или иной инфраструктурной системы продолжать выполнять свои проектные функции в условиях, когда она частично повреждена или лишена снабжения, что является безусловной и единственной основой, позволяющей создание надежной и безопасной умной территории.

Без наличия живучести невозможно создание умного региона/города, способного к устойчивому развитию. Живучесть взаимозависимых инфраструктур – ключ к созданию безопасного умного региона

Около 10–15 лет назад городские менеджеры по всему миру поняли, что системы промышленной диагностики, мониторинга и технического обслуживания можно относительно легко адаптировать и использовать для оптимального запуска и обслуживания всех городских производственных, транспортных и спасательных средств. Вначале они медленно реализовывали эти идеи, но с появлением цифровизации и искусственного интеллекта, ускорили свои усилия по превращению своих городов – больших и малых – в умные города.

В настоящее время эта идея проникла и на уровень регионов в качестве центральной темы регионального развития. Так, в Свердловской области с 1 сентября 2018 г. запущен проект «Умный Регион», который охватывает всю Свердловскую область. Основная и единственная задача проекта состоит в массовом, параллельном во времени, внедрении разнообразных сервисов по шести направлениям [9].

В XXI веке умный регион должен сначала стать живучим и безопасным, чтобы потом на этой основе, стать умным [3,4]. В целом к факторам, влияющим на живучесть региона, относятся: диапазон и степень опасности; риск для жизни, здоровья, здоровья и имущества; уязвимость и подверженность биологических, человеческих, социальных и экологических систем

различным видам опасностей, а также степень (стратегической) готовности физических, социальных систем и систем управления к любым природным, городским или промышленным потрясениям и стрессам и их последствиям во время инцидентов, несчастных случаев, злонамеренных актов и проч.

Архитектура региональных (и городских) систем живучести (РСЖ) [4–8] имитирует различные давно существующие системы мониторинга и оптимизации технического обслуживания, предназначенные для повышения производительности критически важных сельскохозяйственных и промышленных инфраструктур (см. Рис. 1).



Рис. 1. Схема методологии ЖИБУР аналог систем диагностики и мониторинга надежности технических систем (оборудования нефтеперекачивающих и газокomppressorных станций, высотных зданий, мостов и т.п.)

Разница заключается в том, что региональная инфраструктура в целом представляет собой очень специфическую сложную систему взаимозависимых систем, которая широко распространена на всей территории региона, будучи 1) интенсивно используемой региональной общиной и 2) элементы ее транспортных и сельскохозяйственных инфраструктур (автомобили, автобусы, сельхоз машины, крупный рогатый скот) непрерывно перемещаются по территории региона. РСЖ предназначена для предоставления, в первую очередь, необработанных и обработанных данных о том, как региональная система критических инфраструктур (РСКИ) функционирует во времени.

Живучесть региональных СКИ состоит из следующих компонент [5,7,8]: 1) Структурная живучесть (надежность, вероятность отказа); 2) Конструкционная безопасность (уровень риска, зоны ущерба, все виды потерь); 3) Подсистема физического

восстановления поврежденной системы. Эта подсистема может варьироваться в зависимости от способа восстановления (например, демократического или авторитарного), времени и стоимости восстановления, количества материальных средств, финансовых и людских ресурсов, необходимых для восстановления; 4) Подсистема восстановления психического состояния возмущенного общества. Эта подсистема также варьируется в зависимости от объема необходимой психологической помощи и продолжительности ее оказания, а также от требуемых людских, материальных и финансовых ресурсов.

Стратегическая готовность КИ – это такое состояние системы, когда она остается надежной и безопасной и продолжает эффективно выполнять свои проектные функции, даже при внезапном приложении к ней *экстраординарных запроектных внешних воздействий*. Чаще всего это достигается за счет включения в ее состав

подсистемы *глубоко эшелонированной защиты*.

Живучесть конструкции – это способность системы поддерживать свои функциональные возможности после воздействия нагрузок, превышающих их расчетные значения, или после определенного повреждения. Критическая инфраструктура имеет много функций; следовательно, она имеет как комплексную (интегральную), так и частичную живучесть. Как полная, так и частичная живучесть всегда условны, поскольку зависят от конкретных условий существования системы. Поскольку свойства КИ и стрессовые факторы, которые она испытывает, являются случайными, живучесть также случайна и может быть измерена как вероятность того, что КИ сохранит свои функции при любом конкретном случайном воздействии, выходящем за пределы проектных параметров. Термин «живучесть» тесно связан с термином «робастность», так как это означает, что система стабильна – она дает слабый отклик на сильное возмущение.

В концепции живучести разработанной автором используется подход, основанный на множественных опасностях, учитывающий живучесть ко всем типам вероятных опасностей. При этом речь идет не только о снижении рисков и ущерба от стихийных бедствий [т.е. гибель людей, телесные повреждения, потеря здоровья, элементов Матери-Природы (флоры и фауны), но и имущества, т. е. компоненты второй, созданной человеком природы], а также количественную способность быстро восстанавливать свое физическое и психологическое состояния после катастрофы до уровня который был *до наступления* события, но и становиться сильнее при выходе из кризисных ситуаций при минимально возможных затратах. Это и есть свойство супраживучести – формирование стратегии адаптации к переменам и изменениям и трансформация с целью стать сильнее [10].

Все вышеизложенное позволяет эффективно управлять региональными ВКИ и обществом, связанным с этими ВКИ,

в обычное время и в периоды различных кризисов. ЛПР на уровне территорий и их муниципалитетов получают инструмент поддержки и обоснования своих решений. Не секрет, что из-за нехватки времени и нехватки гибких инструментов многие решения часто принимаются «на глазок», особенно если необходимо учитывать долгосрочные последствия решений, а средств «заглянуть за горизонт» нет или они ненадежны. Используя вышеуказанный подход, ЛПР смогут отслеживать, как принятые решения влияют на качество жизни и уровень удовлетворенности их подопечных / избирателей.

Строго говоря, способность восстановления не должна рассматриваться как атрибут инфраструктуры как таковой (хотя это принимается практически во всех публикациях о живучести систем), поскольку восстановление поврежденной или разрушенной инфраструктуры осуществляется другой (строительной) инфраструктурой, в то время как третья (финансовая) инфраструктура служит источником средств для восстановления. Живучесть по критерию восстановления должна, очевидно, быть отнесена к строительным и финансовым филиалам предприятия, которое является владельцем поврежденной инфраструктуры, или главным образом к строительной организации, которая выполнила задачу восстановления, если она был передан на аутсорсинг. Это также зависит от изобретательности и качества управления активами, а также от особенностей регионального управления. Следовательно, живучесть системы состоит из двух частей. Одна из них (Res_{str}) – это живучесть физической системы как таковой, а другая, Res_{rec} , – это живучесть уже другой инфраструктуры, а именно той, которая проводит или управляет восстановлением поврежденной системы:

$$Res_0 = Res_{str} + Res_{rec}. \quad (1)$$

Холистическая оценка потенциального риска (с учетом возможных изменений климатических констант в будущем) включает в себя исследование следующих угроз:

1) не(до)поставки того или иного жизненно важного продукта или сервиса (услуги) или нарушение производственного цикла промышленных предприятий, вследствие частичного или полного разрушения КИ;

2) ухудшения качества жизни населения и социума, гибели людей и/или нанесения им увечий;

3) частичного или полного истребления окружающей биосреды и сопутствующего этому нарушения устойчивости окружающей среды (временного или постоянного).

Поэтому умение определять полный ущерб, нанесенный ВКИ тем или иным (природно-) техногенным воздействием является важнейшей компонентой решения описанной выше проблемы. Вторая часть проблемы заключается в разработке методов и средств защиты, которые позволили бы уменьшить/парировать потенциальные последствия аварий и катастроф ВКИ.

1) способность системы продолжать (в том числе, в ограниченном объеме) бесперебойное выполнение своих функций при наличии повреждения, вызванного определенным воздействием;

2) размер экономического ущерба, санитарных и безвозвратных потерь в результате аварии и при ее восстановлении;

3) время восстановления своих проектных функций после аварии или катастрофы;

5. Супраживучесть региональных критических инфраструктур

В тексте статьи слово супраживучесть уже неоднократно употреблялось без раскрытия существа этого термина. Латинское слово *супра* используемое как префикс означает «больше чем», «за пределом». Ниже дается определение слова супраживучесть, этого важнейшего понятия, основанное на его полном аналоге/эквиваленте, термине *антихрупкость*, которое ввел Н. Н. Талеб [11].

В качестве неотъемлемого свойства любой социально-технологической системы, которая явно включает в себя человеческое общество, состоящее из людей,

способных адаптироваться, *становиться сильнее под воздействием тех или иных стрессоров* и принимать решения, основанные в некоторой степени на свободном выборе, в качестве его неотъемлемой части, супраживучесть может служить основой и инструментом для решения наиболее актуальных проблем современной цивилизации. Вербальная формула супраживучести имеет вид:

$$\text{Супраживучесть } (Q) = \text{Живучесть } (Q) + \text{сверхкомпенсация/}n \text{ превышение } (Q), \quad (2)$$

где сверхкомпенсация (превышение) – это способность человека, социума или социально-технологической системы улучшать свои начальные параметры качества (какими бы они ни были) после воздействия определенных стрессоров Q (при условии, что они не превышают некоторые обычно неизвестные предельные пределы. Если они это делают, то это травмирует / ломает систему).

Если согласиться с этим определением, то тогда определение *региональной супраживучести* можно получить, модифицируя определение обычной живучести, данное Европейской комиссией, следующим образом:

Региональная супраживучесть – это способность региональной системы систем критических инфраструктур противостоять, адаптироваться, абсорбировать, быстро восстанавливаться от стрессов и потрясений, таких как засуха, природные, технологические или техногенные катастрофы, насилие, конфликты, и при этом *улучшить / увеличить свои начальные параметры жизнеспособности*.

6. Источники региональной супраживучести

В случаях, связанных с сельскохозяйственной, инженерной активностью или деятельностью в сфере услуг (туризм), региональные ЛПР должны следовать рекомендованным методам инженерных, сельскохозяйственных или других наук и конвергентных технологий согласно областей их компетенции, деятельности и

ответственности, с учетом вероятностного характера проявления всех стрессоров. Например, используя методы конструкционной надежности и живучести, они могут: (1) Моделировать различные экологические, биологические, сельскохозяйственные или промышленные катастрофы, оценивать при этом количество полученных травм, число погибших людей, объектов флоры и фауны, и т. д., а также ресурсы и время, необходимые для возвращения системы в состояние «как новое» или «как прежде»; (2) Оптимизировать стоимость безопасной эксплуатации инфраструктур, с помощью проактивного предсказательного двух- или трехуровневого мейнтенанса (профилактическое обслуживание, ремонт, восстановление) [12]. Такой подход позволит смягчить и *минимизировать* последствия (в том числе, стоимость восстановления) всех перечисленных выше типов аварий и катастроф.

Если рассматривать супраживучесть отдельного произвольного взятого индивида, то надо различать это понятие в отношении его физических, когнитивных и социальных свойств, причем в каждой из этих категорий рассматривать какое-то одно специфическое свойство, чтобы понять как конкретно тот или иной стрессор, заданный своей энергией и паттерном времени действия, увеличит/уменьшит специфическую супраживучесть. Например, в когнитивной категории рассматривать способность индивида запоминать факты, события или языки; в физическом плане оценивать его скорость движения или способность к подъему тяжестей; в социальном плане – умение разговаривать с людьми, увлекать их за собой и т.п.

В целом теория супраживучести говорит о том, что более супраживучие компоненты общества должны помогать менее супраживучим, для того чтобы общество в целом становилось во всех смыслах сильней и робастней. Для имплементации такого подхода обществу нужны реальные примеры, которые убедительно говорят «делай как я». Таким примером на все времена мог

бы стать главный герой кыргызского эпоса – батыр Манас, человек-легенда, супраживучий лидер, все невзгоды и удары судьбы делали его только сильнее во всех смыслах. Поэтому он использовал демократический способ обсуждения злободневных вопросов и выработки решений с опорой на мнение компетентных советников; он строго проверял исполнение принятых решений; он привлекал на государственную службу людей, используя принцип меритократии; он высоко ценил в людях готовность к восприятию инноваций; он ориентировал свое окружение на политику общенациональных интересов. Немаловажно, что при таком подходе, *супраживучесть Манаса* трансформируется из культурного феномена в общественно-политический и экономический феномен, что позволит сформулировать новую модель национального развития [12].

7. Анализ взаимозависимости критических инфраструктур

По своей сути теория системной живучести относится к теории непрерывности бизнес-процессов в приложении к обеспечению того или иного сервиса. Этот подход ныне используется всеми успешными операторами городских сервисов. Концепция живучести для обеспечения непрерывности сервиса(ов) проистекает из теории менеджмента информации, учитывая ту критичную роль, которую сейчас эта теория играет в успешном функционировании корпораций. Поэтому большинство терминологий и знаний, относящихся к непрерывности бизнеса, коррелируют с концепцией и теорией живучести (избыточность систем, методы резервирования, запасные источники энергии и т.п.).

Принятая повсеместно концепция умного региона предполагает независимое внедрение отдельных частных цифровизованных сервисов (т.н. вертикальная операционная система, см. Рис.3), что чревато пропуском аварий по типу черного лебедя. Правильным решением проблемы является рассмотрение взаимозависимости логистически связанных между собой сервисов

(т.н. кросс-операционная система, см. Рис. 3). Взаимозависимость является основной проблемой ждущей своего решения при рассмотрении работы критически важных инфраструктур. В настоящее время суще-

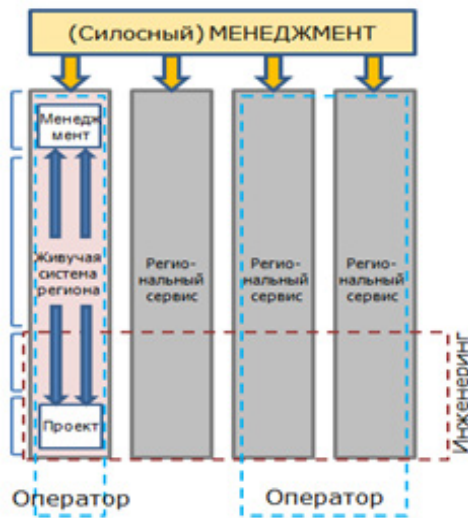


Рис. 3. Вертикально-операционный (силосный) и кросс-операционный подходы к управлению региональными сервисами

2) Изучение взаимодействия и взаимозависимости КИ с использованием теории множественной регрессии; 3) Компьютерное моделирование взаимозависимости с участием заинтересованных сторон (включая построение цифрового близнеца / близкого родственника исследуемых объектов) на основе ПАК-ЖИБУР [26]; 4) Биологический подход (пищевая цепочка).

Эта практическая синтетическая модель описывает функционирование взаимозависимых систем критических инфраструктур (ВСКИ), каждая из которых представлена в форме сети транспорта / услуг, состоящей из узлов и направленных каналов. Узлы обычно представляют собой компоненты физической инфраструктуры (так называемые активы, такие как электростанции, и установки для переработки нефти, газа и воды, больницы, промышленные и офисные здания, исследовательские и образовательные центры, жилые помещения и т. п.), которые непосредственно участвуют в снабжении населения и местной промышленности различными продукта-

стуют следующие возможные практические подходы для количественной оценки этой взаимозависимости: 1) Анализ взаимодействия КИ в виде транспортных сетей (см. Рис. 4);

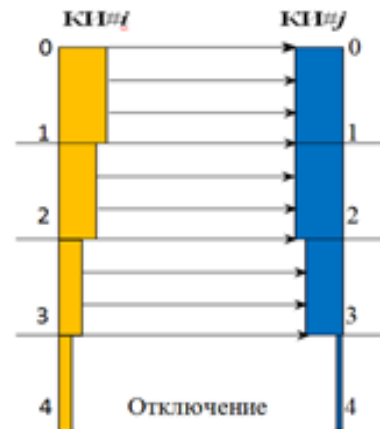


Рис. 4. Визуализация взаимозависимости двух КИ

ми или товарами, а также услугами. Связи сети моделируют поток (транспортировку продукта) между узлами и могут представлять электрические сети, магистральные и распределительные газо- и нефтепроводы; системы водоснабжения и канализации, а также железные и автомобильные дороги и т. д. Модель учитывает условия и особенности поставок, доставки, капитального ремонта и спроса на ресурсы, такие как

электричество, горячая и холодная вода, а также удаление промышленных и отходов человеческой жизнедеятельности [13].

НИЦ предлагает учитывать по существу взаимозависимость всех сервисов и инфраструктур, используя для этого ПАК ЖИБУР. Вместо того чтобы рассматривать непрерывность функционирования каждой службы/сервиса как самостоятельную независимой единицы, ПАК ЖИБУР рассматривает функционирование региона как сеть взаимозависимых, интегрированных в региональную систему систем сервисов. Для того чтобы рассматривать живучесть с такой точки зрения, принципиально важно исследовать регион как эко-систему функционально *взаимозависимых друг от друга региональных сервисов*.

8. Инфранетика: инструментарий для разработки стратегии управления региональными рисками [14–17]

Из сказанного выше ясно, что для создания оптимальной стратегии регионального управления рисками необходим специальный научный инструмент, который позволил бы использовать междисциплинарный подход и многочисленные методы из разных фундаментальных, прикладных и инженерных наук под одним концептуальным зонтом [10, 14].

В данной статье для этой цели используется новая конвергентная наука – *инфранетика*, основанная на конвергентной технологии MAICS (цифровая стохастическая механика, искусственный интеллект, теория информации, когнитивные и социальные науки). Название Инфранетика происходит от *Инфраструктуры* + *Кибернетика*. Инфранетика была построена для решения центральной проблемы безопасного инновационного развития региона

/ территории / муниципалитета на основе создания методологии гармонизации и регулирования регионального риска, основанного на оптимальном управлении системами взаимозависимых критических инфраструктур. Описание метода можно найти в [14–16]. На рис. 5 представлена схема построения такой стратегии с использованием концепции, философии и инструментария инфранетики.

Можно видеть, что создание такой стратегии включает в себя разнородный набор исходных данных и знаний из множества фундаментальных, прикладных и технических наук. При решении этой проблемы для некоторых регионов Российской Федерации, автор столкнулся с несколькими неожиданными информационными пробелами (большинство из них известные неизвестные) в макроэкономике [18], демографии [19], теории надежности больших систем [20], которые потребовали немедленного решения, поскольку были препятствиями на пути к достижению поставленной цели. Фактически в этих случаях концепция инфранетики позволила количественно исследовать взаимосвязь функционирования физической инфраструктуры с показателями качества жизни населения и валового продукта региона, по-новому взглянуть на проблему и значительно ускорить процесс исследования. Накопление результатов такого рода междисциплинарных исследований позволяет понять, какие методы из каких дисциплин относятся к инфранетике. Результаты, полученные по вышеуказанной схеме, позволили эффективно управлять территориальным риском в ряде регионов и муниципалитетов (см. [13,21,22]).

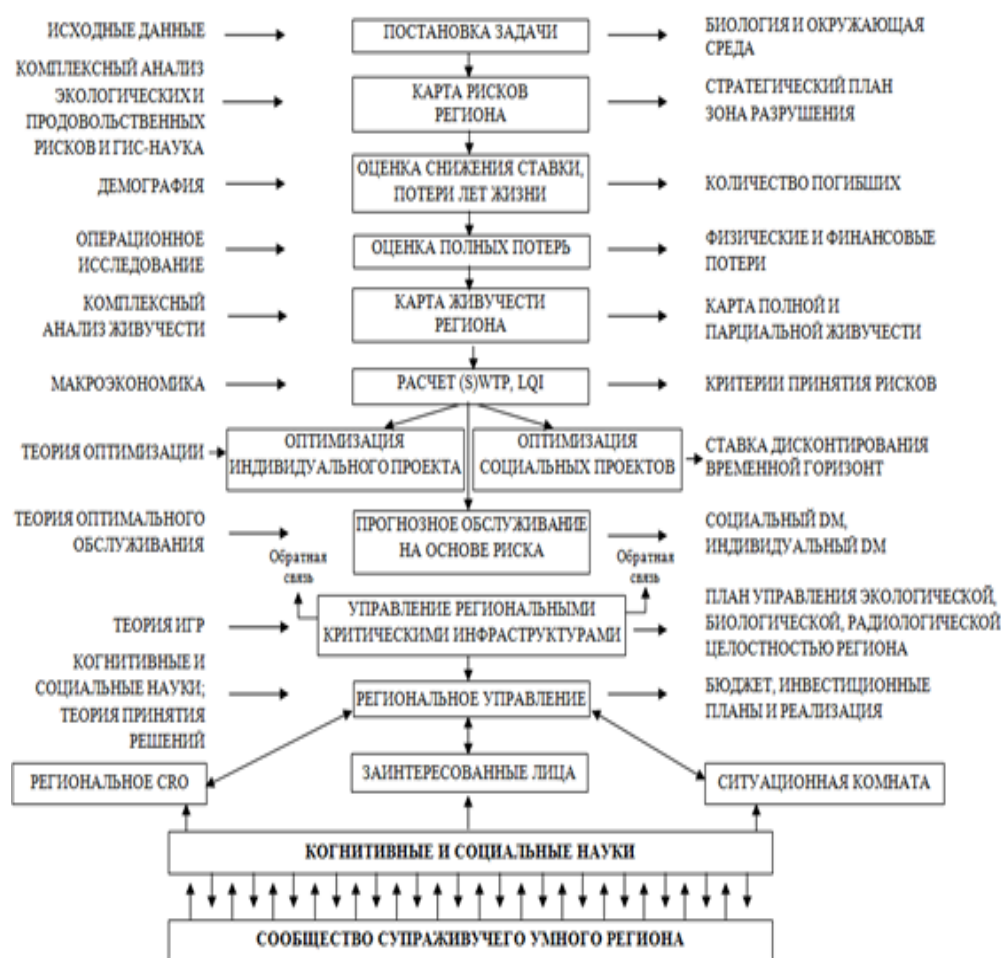


Рис. 5. Гармонизированное управление территориями (говернанс) по обобщенным критериям качества жизни

Инфранетика проявляется как перекрестно опыляющая дисциплина сложных наук. Это позволяет достаточно точно прогнозировать поведение сложных социально-технологических и экономических систем, которые разрабатываются или уже работают, в обычных и / или катастрофических ситуациях. Инфранетика использует проблемно-ориентированный подход, в соответствии с которым формируется единая концепция, описывающая пути и средства решения рассматриваемой проблемы. При системном использовании инфранетика может стать важнейшей конвергентной технологией и дисциплиной для управления умными супраживучими регионами и муниципалитетами в 21-м веке [16].

В данной работе предлагается использовать следующие четыре обобщен-

ных *региональных* критериев, позволяющих осуществлять гармонизацию целей и задач частных, государственно-частных и государственных хозяйствующих субъектов [23].

1. Средняя ожидаемая продолжительности качественной жизни (СОПЖ) выбрана в качестве интегрального показателя величины риска, потому что она является *императивным показателем устойчивого развития и самого существования государства*.

2. Региональный индекс качества жизни (РИКЖ). Этот интегральный социальный индикатор связывает воедино показатели механической/физической надежности и безопасности элементов, конструкций и систем КИ с экономическими показателями их функционирования и социальными

аспектами устойчивого развития территории.

Использование РИКЖ позволяет лицам, принимающим решения (ЛПР) регионального масштаба, проводить сбалансированную политику управления государственной, муниципальной и частной собственностью, расположенной на данной территории по критерию СОПЖ населения, региональной безопасности и роста регионального валового продукта РВП.

3. Супраживучесть критичной инфраструктуры в условиях изменяющегося географического и политического климата, которая, собственно, и определяет, как степень стратегической готовности региона, так и величину ущерба от частичного или полного отказа ВКИ.

Способность общества предотвратить гибель людей всегда конечна и ограничена способностью этого общества к созданию общественного богатства. В этих условиях *центральной проблемой управления величиной оцененного потенциально-возможного ущерба* (риска) становится оптимизация распределения (объема, места и времени приложения) ограниченных ресурсов на нужды безопасности, что эквивалентно уменьшению последствий возникающих аварий и катастроф, ЧС всех типов, в том числе, климатических угроз, за счет применения тех или иных средств адаптации и защиты.

4. Региональная энтропия роста и деградации в ряде случаев может служить ранний диагностическим признаком ухудшения/улучшения качества функционирования региона.

9. Характеристика региона как системы систем критичных инфраструктур

Типовой регион (город) является сложной системой с неоднородной скоростью роста и иерархической инфраструктурой, каждый элемент которой адаптировался к нуждам региона в момент своей постройки (десятки, а то и сотни лет тому назад).

С ростом числа служб и сервисов, других систем критичных инфраструктур повышается вероятность проявления каскад-

ных аварий с высокими скрытыми затратами (экономический и неэкономический ущерб от наводнений, засухи, эпизоотий, разрывов газо- водопроводов, нарушения целостности линий электропередач и т.д.).

Риски физического старения/износа, моральной деградации инфраструктур, всевозможные природные и техногенные катаклизмы, и прочие стрессоры могут быть смягчены и минимизированы только на основе *заложенной в инфраструктуры живучести* и оптимального планирования расходов на безопасность и продвинутого предсказательного их менеджмента по макроэкономическим критериям СОПЖ, ИКЖ и социальной./индивидуальной готовности платить (ГП).

10. Предлагаемое решение проблемы трансформации Иссык-Кульского района в супраживучую территорию

Для холистического решения обозначенной выше проблемы Научно-Инженерный Центр «Надежность и безопасность больших систем и машин» Уральского отделения РАН (НИЦ УрО РАН) предлагает использовать комплексный облачный ИТ-инструмент ЖИБУР (**Живучий и Безопасный Устойчивый Умный Регион** типа SaaS (Software as a Service – софт как сервис – СКС), разработанный для информирования и помощи лицам, принимающим решения по повышению региональной супраживучести на основе количественного учета взаимосвязей между сервисами.

При этом мы исходим из того, что долгосрочными целями стратегического развития любого региона являются (1) *развитие человеческого капитала*, (2) *повышение качества жизни*, (3) *роста конкурентоспособности цифровой экономики через системное внедрение цифровых сервисов и инновационных решений*, (4) *обеспечение свойства супраживучести* всем инфраструктурам и службам региона.

Доминантой экономики Иссык-Кульский района является сельское хозяйство и туризм, и в перспективе, возобновляемая зеленая энергетика. Проблемами ждущими безотлагательного решения являются: (1)

зараженные сибирской язвой скотомогильники, (2) отвалы урановых рудников, (3) отсутствие станций очистки сточных вод в прибрежных населенных пунктах озера Иссык-Куль, (4) нелегальные свалки мусора.

Для системной оценки живучести и уязвимости инфраструктуры региона необходимо построить модели возможных природных, экологических, биологических и сельскохозяйственных аварий и катастроф, в том числе, каскадного типа: эпизоотий, эпифитотий, характерных для Иссык-Кульского региона. Необходимо также создать алгоритмы оценки индивидуальных, коллективных и социальных региональных рисков при всех типах аварий и катастроф, а также обеспечить кибер-безопасность и секьюрити всех региональных сервисов как элементов IoT (интернета вещей) за счет применения *блокчейн технологий*.

Все это предъявляет особые требования к ПАК ЖИБУР, который изначально создавался для создания умных живучих городов. В состав ПАК ЖИБУР для Иссык-Кульского региона (ИКР) придется вводить соответствующие программно-аппаратные комплексы, позволяющие создать умные решения перечисленных проблем, специфичных для ИКР.

Инструментарий ЖИБУР интегрирует в единую облачную цифровую платформу необходимые функциональные возможности для сбора ключевых данных от заинтересованных сторон региона для поддержки решений о создании, внедрении и эксплуатации региональных и городских служб, способствуя созданию и развертыванию стратегии живучести.

ИТ-инструмент ЖИБУР позволяет смягчить последствия региональных инцидентов и аварий по типу «домино», в которых первоначальное негативное воздействие антропогенных и природных стрессоров значительно усиливается за счет взаимозависимых активов/сервисов со скрытыми издержками. SaaS ЖИБУР поддерживает процесс привлечения к решению проблемы живучести различных региональных и городских субъектов,

структурирования собираемой информации (Больших Данных) о взаимосвязях обслуживаемых объектов и моделирования каскадных эффектов. ПАК ЖИБУР может помочь ЛПР по Иссык-Кульской области сделать «сдвиг влево» и встроить элементы *предотвращения и прогнозирования* в процесс принятия решений и планирования операций, а не в стратегию реагирования и ответных действий. Новые подходы, технологии и интеллектуальная информация на основе собираемых данных позволят укрепить способность Иссык-Кульской области быть более подготовленной живучей территорией, а также обосновать объем необходимых инвестиций в повышение ее суправивучести. Платформа ЖИБУР предлагает метод и инструмент для информирования ЛПР и смягчения эффекта «домино», реализуя системный подход на региональную инфраструктуру и услуги, моделируя их взаимозависимости, собирая ключевую информацию о состоянии региональных и городских объектов в одном месте, что очень редко наблюдается на практике. ЖИБУР упрощает объединение широкого круга заинтересованных сторон вокруг общей модели функционирования региона, для более обоснованного выбора принимаемых решений. Структурирование информации обеспечивает большую прозрачность и долговечность выполняемого риск-анализа, что позволяет демистифицировать сложность региональных систем и восстановить потенциал поврежденных объектов. В целом, ЖИБУР предоставляет региональным властям возможность сделать осознанный выбор в отношении того, как коллегиально и гармонично реагировать на постоянно растущие потрясения и стрессы, которым подвергается практически любая современная область.

11. Ключевые особенности ЖИБУР

Платформа ЖИБУР – это облачное решение (SaaS – программное обеспечение как услуга) для управления интегрированным процессом оценки и управления живучестью города или территории. Все региональные игроки (игрок – принятое в

макроэкономике определение влиятельного участника экономической активности региона) имеют возможность зарегистрироваться на платформе, чтобы помочь координатору/эксперту по живучести курировать анализ сиюминутной ситуации и поддерживать повседневное управление региональными службами.

ЖИБУР включает в себя функции онлайн-обучения для развития навыков назначенных ответственных за живучесть региона, а также других заинтересованных акторов, выполняющих определенную роль в обеспечении живучести региональных объектов. Это гарантирует, что со временем регион может самостоятельно поддерживать функционирование платформы. Процесс построения региональной живучести начинается с привлечения основных заинтересованных сторон для взаимного уяснения их целей, проблем и текущих средств управления живучестью. Эти стороны руководствуются процессом построения системной модели своей области, заложенным в ЖИБУР, которая моделирует характеристики региональной инфраструктуры и служб, и, что важно, характер их взаимозависимости на разных уровнях. На основе использования интерактивного сотрудничества заинтересованных сторон происходит сбор ключевой информации, необходимой для моделирования и имитации эффектов домино при каскадных авариях и сбоях. Это объединяет и организует информацию, которая в настоящее время разбросана среди многих заинтересованных региональных субъектов. Далее платформа ЖИБУР используется для разработки сценариев потенциальных инцидентов, аварий и катастроф, вызывающих озабоченность региональных властей, чтобы понять как, действуя совместно, можно снизить риск или последствия инцидентов. Такой риск-анализ помогает понять последствия тех или иных изменений в управлении критическими инфраструктурами – будь-то улучшения операционных процедур или поддержка бизнес-кейсов для более существенных инвестиций.

В сочетании они образуют основу плана действий по обеспечению живучести региона. Все это помогает области перейти от пассивного реагирования к гораздо более информированному и активным действиям. ЖИБУР заполняет существующий пробел между заявленным намерением той или иной области стать более живучей, и множеством существующих часто фрагментированных и специфичных для обслуживания операционных систем, создающих трудно анализируемую какофонию несовместимых цифровых средств.

Платформа может быть дополнена более детальным имитационным моделированием живучести объектов, представляющих особый интерес. Она совместима с другими существующими платформами живучести, что обеспечивает их интеграцию в пределах оперативных региональных центров управления и контроля. В случае возникновения опасности использование ЖИБУР в качестве системы поддержки принятия решений может помочь государственным органам Иссык-Кульской области и всем операторам на ее территории принимать взвешенные решения.

Совместное использование ЖИБУР всеми игроками помогает уменьшить материальные и человеческие потери при управлении областью, помогая планировать стратегические действия, чтобы сделать регион инклюзивным, безопасным, живучим и устойчивым к развитию. ЖИБУР является дополнительным ресурсным инструментом для других систем обеспечения живучести регионов. Системное видение региона на основе платформы ЖИБУР способствует развитию партнерских отношений между правительством, частным сектором и гражданским обществом, а также дает возможность менеджерам создавать и управлять живучестью региона.

Функциональные возможности инструмента ЖИБУР (перечисленные выше) позволяют всем заинтересованным игрокам участвовать в процессе построения

стратегии и наращивания потенциала живучести различных технических сетей. Возможность моделирования поведения региона позволяет лучше понять уровень общественного риска во времена его нормального и кризисного функционирования.

Первая, прорывная испано-английская версия ЖИБУР (под маркой HAZUR) была создана в 2013 г. группой испанских специалистов при консультационном участии автора статьи и с успехом использована впервые в мире в городах Барселоне (Испания), Бристоле (Англия), Лиссабоне (Португалия), Бенадорм, Ла-Гарротха, Сен-Кугат-дел-Вальес Тарраса, Тремп (все – Испания) [24, 25].

Накопленный опыт практического применения инфранетики для преобразования городов и регионов в умные субъекты позволяет утверждать, что она позволит ИКР региону получить следующие выгоды:

Экологические:

- Обеспечение соблюдения природоохранного законодательства;
- Снижение негативного воздействия на окружающую среду;
- Лучшее управление природными ресурсами.

Экономические:

- Снижение ущерба инфраструктуре;
- Установление инвестиционной приоритетности объектов областного хозяйства;
- Оптимизированные затраты на инвестиции в окружающую среду;
- Оптимизация эксплуатационных расходов;
- Рациональное ведение экономической деятельности;
- Минимизация необходимых ресурсов при проведении антикризисного управления.

Социальные:

- Повышение общественной, в том числе, кибер- безопасности;
- Повышение устойчивости и непрерывности бизнеса и услуг;
- Распространение практических знаний о живучести регионов;
- Более защищенные граждане;
- Предотвращение или минимизация летальных исходов, увечий и травм;
- Обеспечение лучшего базового обслуживания граждан.

12. Концепция построения супраживучего умного Иссык-Кульского региона Кыргызской Республики



Рис. 6. Административное деление Кыргызской Республики

На основе анализа и обобщения мирового опыта создания умных городов и первичного опыта Свердловской области РФ по созданию умного региона (УР) [9], можно предложить шесть функционально-технологических областей цифровизации. В первом приближении это:

умные: (1) **образ жизни** (содействие повышению качества жизни населения региона), (2) **люди** (повышение уровня цифровой культуры населения региона и всех процессов его обучения), (3) **экономика** (внедрение инноваций и цифровых технологий в секторе экономики с целью обеспечения конкурентоспособности на мировом уровне); (4) **мобильность** (оптимизация пассажиропотока и дорожного движения, внедрение автономных транспортных средств), (5) **управление** (обеспечение прозрачности принятия решений на основе сохранения данных и повышения качества и объема предоставляемых госуслуг в электронной форме) и (6) **среда** (использование цифровых технологий для снижения потребления ресурсов и мониторинга качества окружающей среды, а также быстрого реагирования на загрязнение и аварийную ситуацию). Этот перечень практически перекрывает всю номенклатуру деятельности любого региона республики Кыргызстан (энергетика, промышленность, сельское хозяйство, туризм, ЖКХ, медицина образование, культура и т.п.) или города – от кишлака до города миллионника (Бишкек).

В обозначенных выше рамках предлагается следующий *реестр первой очереди* цифровых сервисов-решений, в котором учтена специфика инфраструктуры Иссык-Кульской области и Кыргызской Республики в целом:

Государство–гражданин: [единый портал госуслуг; система электронных референдумов (с использованием идейного актива эпоса «Манас»];

Администрация–Администрация: [электронный документооборот, платформы межведомственного взаимодействия];

Администрация–Бизнес: [информация малого и среднего бизнеса о проведении инновационных госзакупок];

Администрация–госслужащие: [информация о льготах, формах поддержек, профсоюзной активности].

Супраживучесть и безопасность: [технологии предсказания потенциальных угроз, в том числе, по типу черной/серой лебедь; общественная безопасность; автоматизированный мониторинг объектов];

Финансы: [технологии распределенного реестра (блокчейн)];

Сфера сельского хозяйства: [технологии умного животноводства (молочного кластера, овцеводства); технологии умного земледелия [26, 27]];

Сфера производства: [роботизация производственных систем; цифровое управление];

Вторичное использование ресурсов: [технологии дистанционного мониторинга охранной зоны озера Иссык-Куль; автоматизация сбора и утилизации отходов];

Культура и туризм: [технологии дополненной реальности, в первую очередь, применительно к священному озеру Иссык-Куль, умные курорты];

Строительство и жилье: [система BIM интеллектуального проектирования зданий];

Здравоохранение: [системы телемедицины; единая медицинская информационная система; технология персонализации лечения];

Изобретательская социальная активность и креативность: [единая площадка взаимодействия жителей (села, микрорайона, города, мегаполиса; живые лаборатории; открытые центры разработки мобильных приложений];

Окружающая среда и экология: [умный мониторинг радиационных отвалов урановых рудников, состояния поверхностных водных объектов, побережья озера Иссык-Куль; умный мониторинг зоотехнической ситуации распространения трансграничных инфекций и паразитарных заболеваний сельскохозяйственных животных и растений; умная городская среда (контроль уровня городского загрязнения (воздух, водные объекты, земля,

шум); интеллектуальные энергетические системы возобновляемой энергии];

Образование: [система всеобщей компьютерной грамотности; дистанционное образование; интеллектуальная образовательная среда; повышение квалификации и переподготовка специалистов в области анализа и управления региональным риском];

Транспортные системы: [умные светофоры; сервисы сообщения автономных транспортных средств (АТС); сервисы распознавания дорожной инфраструктуры АТС; система поиска попутчиков (каршеринг); умные парковки];

Розничная торговля и логистика: [умные кассы; технологии автоматизированных складов];

Сфера ЖКХ: [система автоматизированного учета объемов потребляемых ресурсов].

Для безопасной имплементации представленных выше сервисов, в ПАК ЖИБУР предусмотрена возможность использования технологии блокчейн по версии Эмеркоин (специально подогнанную под проблему умного региона при участии НИЦ УрО РАН). В настоящее время технология Эмеркоин используется для точного выполнения следующих функций: (1) Подтверждение данных, кадастровый учет; (2) подтверждение аттестатов и дипломов; тайм-стемп (регистрация времени создания) документов); (3) Компьютерная безопасность (системы доступа пользователей, DNS-адресация сайтов в интернете, защищенная IP-телефония, товары и собственность, подлинность товаров и услуг, права владения цифровой собственностью). Для ПАК ЖИБУР для ИКР предусмотрено распространения технологии блокчейн на все диагностические и мониторинговые измерения, при оценке ущерба и транзакциях связанных с обслуживанием и ремонтом критических взаимозависимых инфраструктур, и инвестициях в проекты, связанных с повышением безопасности и живучести региональных объектов.



Рис. 7. Существующая сеть Эмеркоин

Платформа Эмер состоит из цепочки блоков высокой защищенности и сети пользователей с полной историей транзакций между ними. Она позволяет участникам обмениваться коинами, информацией и подтверждать историю транзакций.

Возможности платформы Эмер с использованием обычных компьютеров:

- верификация диагностики (данных сенсоров, команд управления, событий), мониторинга и мейнтенанса инфраструктур всех типов, надежность записей,
- временные цепочки показаний датчиков и приборов с *полным доверием для участников сети*;
- подтверждение оценок ущерба от инцидентов, аварий и катастроф;
- учет транзакций в IoT (интернете вещей), микроплатежи;
- оптимизация регионального говернанса, кибербезопасность;
- интеграция с ЖИБУР и физической подсистемой региональной живучести;
- запись (не более 20 Кбайт)/чтение данных в произвольном формате с любого узла сети;
- обмен данными с блокчейном по http, через стандартизованный API, локально или через удаленный сервер;
- выделение географических зон и групп пользователей.

ПАК ЖИБУР по замыслу осуществляет кардинальное, научно-обоснованное *практическое решение проблемы обеспечения непрерывности бизнес-потоков цифровых сервисов и инфраструктур* в ус-

ловиях ЕврАзЭСовских реалий, поскольку позволяет:

- выявлять зоны уязвимости региона или города;
- оценивать глубину (число вовлеченных в аварию сервисов/инфраструктур) при возможных каскадных авариях;
- выработать практические меры по предотвращению и уменьшению последствий аварий и катастроф;
- обеспечить безопасность региональных сервисов и инфраструктур в кратко- и долгосрочной перспективе;
- оптимизировать инвестиции в безопасность региональных инфраструктур по макроэкономическим критериям индекса качества жизни (ИКЖ) и готовности платить (ГП);
- осуществлять оперативную поддержку принятия управленческих решений на уровне региона и его городов по территориальным критериям средней ожидаемой продолжительности жизни (СОПЖ) и региональному индексу качества жизни (РИКЖ). Эти критерии позволяют активно управлять экономикой региона и обеспечить рост продолжительности жизни в добром здравии;
- провести обучение технологиям безопасности и основам управления живучестью региональных инфраструктур как

сотрудников Администраций муниципалитетов и заинтересованных организаций, так и студентов-магистрантов (совместно с Институтом Строительства и Архитектуры УрФУ);

- подготовить экспертов в этой области для работы в составе экспертных групп;
- создать офис региональной/муниципальной живучести;
- организовать деятельность *живой лаборатории* в области социальной безопасности;
- адаптировать жителей Иссык-Кульского региона ко все ускоряющимся изменениям цифровых технологий 21-го века и оперативно купировать/минимизировать социальные стрессоры;
- построить виртуальную цифровую модель живучести Иссык-Кульского региона.

В результате применения ПАК ЖИБУР возможно, к примеру, визуализировать: карту индивидуального риска (показана часть г. Екатеринбурга, рис. 9) процесс каскадного развития аварии типа «потеря снабжения ресурсом» (рис. 10), карту живучести (рис. 11) и взаимозависимости городских инфраструктур (рис. 12), а также карту риска керосинопровода Манчестерского аэропорта (рис. 13); схема послынного анализа инфраструктур Архангельской области (рис. 14).



Рис. 9. Оценка уязвимости города – карта риска г. Екатеринбурга



Рис. 10. Пример каскадной аварии взаимозависимых городских сервисов



Рис. 11. Карта живучести и взаимозависимости региональных служб / инфраструктур



Рис. 12. Полная карта взаимозависимости сервисов и инфраструктур г.Екатеринбурга



Рис. 13. Потенциальный риск керсинопровода Манчестерского аэропорта



Рис. 14. Взаимозависимые инфраструктурные Архангельской области

Для успеха проекта «Умный регион» необходимо опережающими темпами создать его цифровую виртуальную модель, на которой можно обрабатывать методом компьютерного моделирования все свойства, относящиеся к супраживучести и безопасности. Неотъемлемой частью этой виртуальной модели будет человеческий фактор в виде *живой лаборатории* в составе:

1. Стратегического Совета стейкхолдеров региона/города, в составе Главы региона – Полномочного Представителя Правительства КР по региону (в Иссык-Кульской области – *Осмоналиев Акылбек Шарипович*), Главного специалиста региона по живучести (Region Chief Resilient Officer-RCRO) и других лиц;
2. Совета руководителей всех основных/критичных служб и бизнесов региона;
3. Группы исполнения дорожной карты Стратегического Совета;

4. Активных супраживучих жителей региона.

Это позволит впервые установить эмпирическую связь между осязаемым и неосязаемым: качеством функционирования региональных систем и благополучием людей живущих в данной среде.



Рис. 15. Четырехярусная структура социально-природно-технологической модели региона

В ситуационной комнате РСЖ (см. Рис. 16) группа специалистов по региональной живучести обеспечивает полноценную и всестороннюю поддержку принятия стратегических и тактических решений, вырабатываемых на всех этажах региональной власти, в том числе:

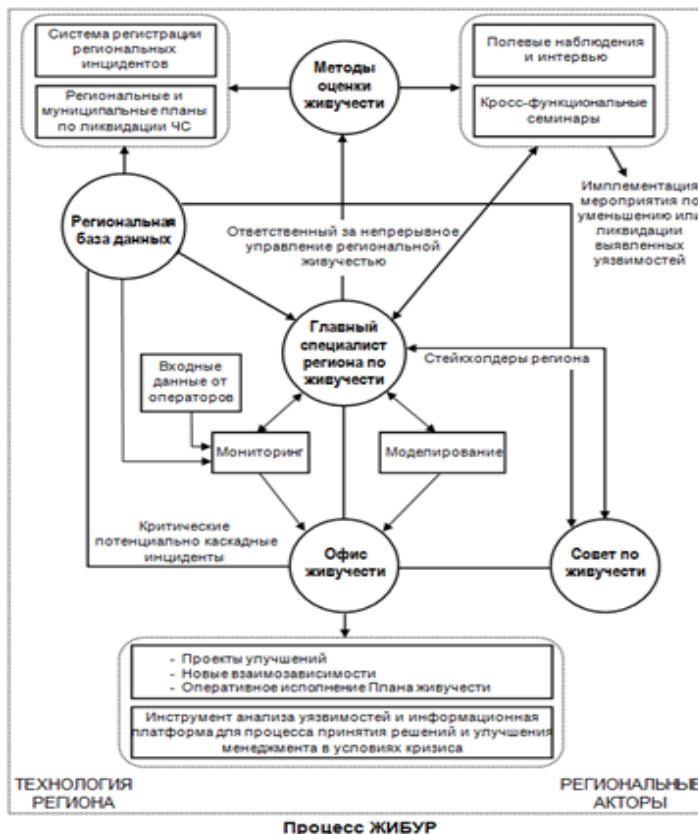
- Моделирование сценариев, сгенерированных Советом стейкхолдеров;
- Создание цифровых двойников (и квазидвойников) региона, территории, муниципалитета, системы, объекта.

В целом, Процесс ЖИБУР – обеспечивает непрерывности бизнес-потоков за счет управления региональной супраживучестью по методике НИЦ УрО РАН.

Прорывная технология управления (говернанса) региональным риском по обобщенным критериям

- Критерии: средняя ожидаемая продолжительность жизни в добром здравии (СОПЖ), индекс качества жизни, живучесть взаимосвязанных инфраструктур и территориальная энтропия.

Рис. 16. Обеспечение непрерывности бизнес-потоков за счет управления региональной супраживучестью по методике непрерывного совершенствования ПК ЖИБУР



- Позволяет установить связь между измеряемыми параметрами функционирования второй природы (системами критичных инфраструктур) и не измеряемыми (пока) параметрами социума, который эксплуатирует эту инфраструктуру, живет в ее среде и пользуется ее услугами.

Особенно значимыми результатами здесь являются:

- методы, позволяющие количественно оценить сокращение СОПЖ от потерь жизни и увечий при авариях и катастрофах;

- методы оптимизации затрат на сохранение жизни при известных СОПЖ, РВП, уровне занятости населения, сроке службы объекта, горизонте дисконтирования и источнике финансирования (общество, частные средства);

- метод мейнтенанса критичных инфраструктур, позволяющий сохранять и увеличивать уровень безопасности, заложенный в объект при его проектировании, на всех стадиях его жизненного цикла, а также непрерывность бизнеса.

- Разработанная методология относится к MAICS-технологии и инфранетике и увязывает результаты теории сооружений, цифровой механики разрушения, риск-анализа, теории оптимизации, демографии и макроэкономики, когнитивных и социальных наук, а также тех наук, которые определяют специфику региона (биология, сельское хозяйство, туризм).

13. Потенциальные потребители платформы ПАК ЖИБУР

Местные власти, кто руководит государственным сектором области и напрямую страдает от недостатка живучести взаимозависимых инфраструктурных систем. В некоторых случаях они не обладают административной компетенцией или техническими навыками, чтобы противостоять различным внешним и внутренним стрессорам и воздействиям, но имеют непосредственное отношение к управлению региональными службами, которые должны справляться с последствиями эпизоотий, инцидентов, сбоев, техногенных аварий, изменения климата и прочее.

Менеджеры и специалисты по планированию действий в чрезвычайных ситуациях в зоне риска, которые разрабатывают планы действий в чрезвычайных ситуациях, выполняют передовые консультативные услуги по проектированию методов реагирования на возникающие угрозы, и, следовательно, оказывают непосредственное влияние на реализованные риски. Они и консультанты государственного сектора нуждаются в новых подходах к управлению чрезвычайными ситуациями, к предварительной подготовке к таким событиям, принятию решений во время кризиса и системе обучения после ликвидации последствий воздействия.

Провайдеры и поставщики региональных сервисов/услуг. В эту группу входят руководители и операторы важнейших инфраструктур и объектов сельского хозяйства, агропрома, промышленности, специалисты по проектированию систем водоснабжения и водоотведения, объектов градостроительства и жилищного строительства. Они могут выполнять субподрядные работы или иметь в своем составе отделы для решения проблем региональной живучести и быть заинтересованы в том, чтобы выполнять какие-то задачу по обеспечению живучести.

Консультанты /частные компании

Экологические консультанты или частные компании проводят опросы и информируют компании о вариантах снижения негативного воздействия на природу, соответственно.

Исследователи (НАН КР, университеты и исследовательские учреждения)

Эти специалисты разрабатывают более точные модели диагностических измерений атмосферных, водных потоков, промышленных землетрясений, различных систем сигнализации для наводнений, предотвращения засухи и т.д., которые требуются для реализации инструментальной части подсистемы живучести региона, в том числе, био-катастроф.

14. Выгоды от применения ПАК ЖИБУР

- Предсказывает возможность проявления каскадных аварий в регионе;
- Улучшает менеджмент ликвидации и смягчения последствий каскадных аварий: реакцию, координацию между агентами и предотвращает аварии;
- Ранжирует инвестиции и улучшает инфраструктуры;
- Устанавливает связь между ГИС и комплексной информацией, которая перетекает внутри процессов принятия региональных решений и выработки политики;
- Управляет ликвидацией последствий ежедневных инцидентов с позиций живучести;
- Оптимизирует операционные расходы и кросс-функционально визуализирует региональные сервисы;
- Улучшает интегрированный менеджмент инфраструктур, функционирование региональных сервисов;
- Защищает от потенциального климатического, природного или технического импакта;
- Улучшает кооперацию между операторами сервисов; устраняет нарушения взаимозависимостей инфраструктур;
- Выявляет зоны, где необходимо повышение живучести (предложения по месту установки сенсоров, оптимизация инвестиций по критериям индекса качества жизни).

15. Заключение

Свойство живучести – это способность системы инфраструктур продолжать выполнять свои проектные функции в условиях, когда она частично повреждена и / или лишена снабжения, а также у работников и населения, испытывающих психологический стресс. Это обстоятельство является безусловным и единственным основанием для создания супранадежной и безопасной умной территории. Концепции приемлемых рисков, разработанные для управления технологическими, производственными и природными рисками, вполне совместимы с авариями и катастрофами по типу черной лебедь.

Без супраживучести невозможно создать умный регион / город, способный к устойчивому развитию. Живучесть также необходима для достижения долгосрочных целей стратегического развития любого региона, которые включают развитие человеческого капитала, повышение качества жизни и конкурентоспособности экономики посредством систематического внедрения услуг и инновационных решений.

Сохранение экологической целостности Иссык-Кульского региона, у которого доминирующим сектором экономики является сельское хозяйство и туризм (на жемчужину Средней Азии – священное озеро Иссык-Куль), и его развитие в XXI веке наиболее целесообразно выполнить с позиций инфранетики и МАИКС технологий.

Предлагаемая стратегия управления регионом (говернанс) представляет собой предсказательный менеджмент, который учитывает все возможные в условиях Иссык-Куля угрозы и риски. Эта стратегия позволяет придать Кыргызстану новое инновационное измерение, позволяющее решить задачу непрерывного роста ВВП республики с одновременным повышением благосостояния ее жителей и роста производства товаров и услуг (в первую очередь, аграрного сектора и туризма).

Целесообразно начать движение в указанном направлении с пилотного проекта супраживучей Иссык-Кульской области, включая экспертизу и анализ путей повышения экологической, продовольственной, техногенной и урбанистической безопасности Кыргызстана, основанный на анализе надежности, живучести, риска и безопасности по методологии инфранетики.

Необходимо также провести синтез разнородных технологий управления: оптимизация долгосрочных и краткосрочных инвестиций (по критериям индекса качества жизни и готовности платить), оптимального мейнтенанса, блокчейна, а также критериев максимизации среднего ожидаемого срока жизни и максимальной супраживучести.

Целесообразно опережающими темпами начать подготовку и переподготовку национальных специалистов в области анализа и управления территориальными рисками на базе НИЦ УрО РАН и Института строительства и архитектуры УрФУ.

Литература

- [1] Акаев А.А., Акаева Б.А. Кыргызстан в эпоху цифровой экономики на новом шелковом пути. М.: Леланд, 2019. 240 с.
- [2] Timashev S A 2016 *Infrastructures. Part 1. Reliability and Longevity* (Yekaterinburg: Ural Branch of Russ. Ac. of Sci) p 532
- [3] Timashev S A 2011 Resilience and Strategic Preparedness of Critical Infrastructures *Proc. of the First Int. Conf. on Vulnerability and Risk Analysis and Management ICVRAM and the Fifth Inter. Symp. on Uncertainty Modeling and Analysis ISUMA* pp 764–771
- [4] Timashev S A 2016 Infrastructure Resilience: Definition, Calculation, Application *WEEF, IGIP/ICL Conf.* (Pisa Italy)
- [5] Timashev S A 2017 Resilient Urban Infrastructures – Basics of Smart Sustainable Cities *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 262 1 012197
- [6] Timashev S A and Bushinskaya AV 2018 Structural resilience *Proc. Safety and monitoring of technogenic and natural systems: VI All-Russian Conf.* (Krasnoyarsk) pp 36–43
- [7] Тимашев С А, Бушинская А В, Полуян Л В 2018 Концепция преобразования города-миллионника в живучий и умный муниципалитет Сб. матер. и докл. VI Всерос. конф. Безопасность и мониторинг техногенных и природных систем (Красноярск) с 451–455
- [8] Timashev S A, Alekhin V N, Poluyan L V, Fontanals I and Gheorghe A 2018 Transforming Yekaterinburg into a Safe, Resilient-Smart and Sustainable City *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 177 1 012001
- [9] Проект Умный Регион, Свердловская Область РФ, 2018.
- [10] Timashev S A, Black Swan-Type catastrophe and Antifragility Concepts in Critical Infrastructure *IOP*, 2019
- [11] Taleb NN 2012 *Anti-fragile* (London: Penguin)
- [12] Джибыкеев С. Идейные активы эпоса «Манас» для современного Кыргызстана. Национальный институт стратегических исследований Кыргызской Республики. www/rusi.kg/112-stati/135-idejnye-aktivy-eposa-manas-dlya-sovremennogo-kyrgyzstana.html. 2018-09-18.
- [13] Timashev S A and Bushinskaya A V 2019 Analysis of Interdependence of Arctic Critical Infrastructures as Transportation Networks *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 481(1) 012008.
- [14] Тимашев С А Инфранетика – новая конвергентная наука XXI века 2016 Сб. тез. II Междун. конф. SAFETY-2016. Проблемы безопасности строительных критичных инфраструктур (Екатеринбург). 234–237 с.
- [15] Timashev S A 2018 Infranetics: The New Convergent Science for Risk Based Management of Systems of Interdependent Critical Infrastructures *Proc. of 27th Annual Conf. of the Society for Risk Analysis Europe: Risk & Uncertainty – From Critical Thinking to Practical Impact* (Östersund Sweden).
- [16] Timashev S A 2019 Infranetics: The New MAICS-convergent Technology Science *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 481 1 012023
- [17] Gheorghe A and Masera M 2010 Infranomics *Int. J. of Critical Infrastructures* 6(4) 421–427 с.
- [18] Timashev S A, Tyrsin A N, Kozlova O A, Makarova M N, Voronina L N 2014 Methodical Approaches to Assessing the Influence of Budget Expenditures on Average Life Expectancy *Scientific Review* 7–1с.
- [19] Bushinskaya A V and Timashev S A 2019 The Toll of Incidents, Accidents and Disasters on the Average Life Expectancy in Good Health *Proc. of the 29th European Safety and Reliability Conf* doi: 10.3850/978-981-11-2724-3_0614-cd.
- [20] Burukhina O, Bushinskaya A, Maltceva I, Timashev S 2018 Mechanical system reliability analysis using reliability matrix method *IOP Conference Series:*

Materials Science and Engineering 365 042067.

[21] *Timashev S A* 2013 Unified quantitative criteria for managing regional risk *Proc. of the 11th Inter. Conf. on Structural Safety & Reliability ICOSSAR* (NY: Columbia University).

[22] *Guryev E S, Poluyan L V and Timashev S A* 2014 Construction of dynamic risk maps for large metropolitan areas *J. of Risk Analysis and Crisis Response* 4(2) pp 72–76 (Paris, France: Atlantis Press).

[23] *Timashev S A* 2014 Average life expectancy as a criterion for regional risk management *J. of Risk Analysis and Crisis Response* 4(1) pp 10–19 (Paris, France: Atlantis Press).

[24] *Fontanals, L., Tricàs, J., Canalias, F., Fontanals, I.*, 2014 «Resiliencia territorial, vector de gestión de servicios. Estudio de Caso de la Garrotxa», *Estudios Empresariales*, 144, 2014/1.

[25] *Fontanals, L; Tricàs, J.; Sempere, J.; Fontanals, I.*, 2012 «Mejorando la Resiliencia de las ciudades: Conocimiento industrial aplicado a la Gestión de la Ciudad». CONAMA 2012 (Congreso Nacional del Medio Ambiente), 26–30 November 2012.

[26] *Тимашев С.А., Тырсин А.Н.* Вероятностное агрометеорологическое прогнозирование урожайности сельхозкультур // Безопасность критических инфраструктур и территорий: Материалы VI Всеросс. конф. и XVI школы молодых ученых. Екатеринбург: УрО РАН, 2014. С. 226–238.

[27] *Тимашев С.А., Бушинская А.В., Полудян Л.В.* Предсказательный мейнтенанс сельскохозяйственных машин, комплексов и технологических линий // Безопасность критических инфраструктур и территорий: Матер. VI Всеросс. конф. и XVI школы молодых ученых. Екатеринбург: УрО РАН, 2014. 58–59 с.

УДК 574:536.004.65

Попов А.Н.,
*доктор техн.наук, профессор,
заслуженный эколог России, академик МАНЭБ, заведующий отделом научно-методи-
ческого обеспечения восстановления и охраны водных объектов
ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт водного хозяйства»*

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СПОСОБЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Аннотация. В настоящей работе представлен обзор некоторых современных средств, используемых при обследовании водных объектов, методологические подходы при выборе оптимальных реабилитационных воздействий на водные объекты, нуждающиеся в таковых, краткое изложение разработанных в РФ пособий по проведению данных работ с конкретными примерами их апробации.

Ключевые слова: водный объект, обследование, мониторинг, удельная биогенная нагрузка, показатель антропогенной нагрузки.

ОРУСИЯ ФЕДЕРАЦИЯЛЫК АЙМАКТАРЫНДА СУУ ОБЪЕКТИЛЕРДИН ТЕКШЕРҮҮ ЖҮРГҮЗҮҮНҮН ЖАҢЫ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ ЖАНА ЫКМАЛАРЫ

Аннотация. Бул илимий макала суу объектилеринин жеткирүү жүргүзүүдө кээ бир заманбап каражаттарынын обзору келтирилип, суу объектилерин реабилитациялык оптималдуу таасир берүүдөгү методикалык жолдордун тандоо каралган. Ошондой эле реабилитациялоо иштерин аткарууда колдонула турган жолдомолордун кыскача баяндамасы менен бирге так мисалдарды келтирүү менен апробациясы берилди.

Негизги сөздөр: суу объектиси, текшерүү жүргүзүү, мониторинг, уделдик биогендик күч, антропогендик күчтүк көрсөткүчү.

NEW TECHNOLOGIES AND METHODS FOR WATER OBJECTS SURVEY ON THE TERRITORY OF RUSSIAN FEDERATION

Abstract. This work provides an overview of some modern equipment and tools used in the water objects survey, methodological approaches in choosing the optimal rehabilitation actions on water objects needed, a brief summary of working documents developed in the Russian Federation to carry out these works with specific examples of their approbation.

Key words: water body, survey, monitoring, specific nutrient load, anthropogenic load indicator.

Обследование водных объектов преследует различные цели: 1. Оценка современного состояния; 2. Оценка изменения состояния во времени; 3. Определение необходимости в реабилитационных мероприятиях; 4. Выбор

оптимальных направлений реабилитационных воздействий и мероприятий для достижения поставленной цели.

Первые три задачи решаются с помощью организации регулярных наблюдений

ний (мониторинга) за состоянием водного объекта, включая наблюдения за состоянием берегов, донных отложений, водоохранной зоны. Для этого формируются перечень необходимых наблюдений (гидрохимия, гидробиология, гидрология, наблюдения за береговой линией и т. д.). Это, по существу, существующий достаточно длительный период список, по которому работает вся наблюдательная сеть России.

Государственный Мониторинг водных объектов организуется как служба (система), обеспечивающая последовательность взаимосвязанных операций – от определения информационных потребностей до использования информационного продукта, необходимых для оценки и прогноза пространственно-временных изменений состояния водных объектов и для осуществления функций по оказанию государственных услуг и управлению федеральным имуществом в сфере водных ресурсов на всех уровнях, на основе существующих структур, участвующих в государственном мониторинге водных объектов, и координируемая Федеральным агентством водных ресурсов.

Цель государственного мониторинга водных объектов – получение информационного продукта, необходимого для оценки и прогноза пространственно-временных изменений состояния водных объектов и для осуществления Федеральным агентством водных ресурсов функций по оказанию государственных услуг и управлению федеральным имуществом в сфере водных ресурсов на основе единой методологической базы организации и проведения мониторинга водных объектов.

К сожалению, в России, не полностью отработан весь механизм подобной службы, что заставляет рассматривать её как «наблюдения».

Естественно, что в мире происходит совершенствование методов наблюдения. Ряд из новшеств применяется и в России.

I Гидрологические аспекты:

I.1. Доплеровский мультимастотный профилограф (StreamPro и River Surveyor M9)

StreamPro (компания Teledyne RDI) и River Surveyor M9 (компания «SonTek/Xylem Inc.») высокоточные акустические доплеровские профилографы, предназначенные для измерений расхода воды в реках и каналах, скоростей течений в трех плоскостях и батиметрии (измерений глубины) с движущегося или неподвижного судна.

I. 2. Гидрометрические микровертушки ГМЦМ-1

Гидрометрическая микровертушки ГМЦМ-1 отечественного производства является наиболее распространенным в РФ гидрометрическим оборудованием для измерения скоростей течений воды в реках, каналах, ручьях.

I. 3. Спутниковые GNSS-приемники (Trimble R10 и Trimble R8s)

Комплект, состоящий из двух спутниковых геодезических приемников Trimble R10 и Trimble R8s, программного обеспечения обработки данных TrimbleBusiness Center Suvey Intermediate, а также внешнего радиомодема TrimbleTDL450H Radio SystemKit и контроллера Trimble TSC2 позволяет выполнять высокоточные инженерно-геодезические изыскания.

I. 4. Квадрокоптер DJI Phantom 3 Advanced

Квадрокоптер DJI Phantom 3 Advanced является беспилотным летательным аппаратом, снабженным видеокамерой для выполнения воздушной съемки различных объектов. Квадрокоптер используется для выполнения рекогносцировочного обследования водных объектов и инженерных сооружений на них, в том числе в труднодоступных местах, для выполнения мониторинга за водоохранными зонами водных объектов и берегами, с получением снимков высокого разрешения для дальнейшей их обработки и получения ортофотопланов территории.

I. 5. Акустический доплеровский измеритель скорости течения FlowTracker

Акустический доплеровский измеритель FlowTracker предназначенные для из-

мерений расхода и скоростей течений воды в реках, каналах, ручьях. Используется для выполнения инженерно-гидрологических изысканий и наблюдений на водных объектах.

I.6 Дистанционные методы

Использование спутниковой информации при различных спектрах съёмки. Требуется привязки данных на снимках к конкретной ситуации.

II Гидробиологические аспекты

Основным маркером трофического статуса водоемов принято считать содержание Хл а в планктоне. На смену рутинному методу определения концентрации хлорофилла (спектрофотометрическому), требующий 2–3 дня, пришел флуоресцентный, который по времени занимает считанные минуты. При этом, исследователь получает богатый материал для анализа состояния водного объекта. Таковым прибором, в котором воплощена флуоресцентная методика является используемый в России ФЛЮОРОЗОНД (Fluorogrob), произведенный немецкой фирмой **bbe Moldaenke GMBH**.

Используются и отработанные классические методы определения состояния экосистемы водного объекта..

Используются системы мониторинга окружающей среды с применением биологических объектов в качестве «исполнительного механизма» (биосигнализация). Организмы, используемые при этом – моллюски, раки, рыбы, водоросли, зоопланктон(дафнии).

Что касается гидрохимических аспектов – используется классический, отработанный подход с вариациями различных приборов для отбора проб, появлением мобильных устройств, позволяющих проводить анализ воды на месте отбора её проб.

III Выбор приоритетных действий, направленных на реабилитацию водных объектов, и направления необходимых обследований

В процессе хозяйственной деятельности возникают вопросы, связанные с потерей водными объектами гидрохимическо-

го и биологического ресурса – ухудшения качества воды, состояния экосистемы. Встаёт вопрос о проведении на таких водных объектах реабилитационных мероприятий, позволяющих вернуть водотоки или водоёмы в состояние, пригодному к использованию для того или иного вида водопользования.

На примере работ, производимых в России, показан подход к решению вопросов, связанных с реабилитацией водотоков и водоёмов, и необходимые при этом обследования .

Анализ современной ситуации показывает, что в Российской Федерации под влиянием хозяйственной деятельности на фоне изменения водности происходит деструктуризация водных экосистем, что вызывает негативные изменения и в других, связанных с водной, экосистемах: наземной, воздушной, подземной. По существу происходит ресурсное истощение водных бассейнов, в результате чего они становятся неспособными поддерживать биоразнообразие, сбалансированность и устойчивость водной и наземной экосистем. Сложилась парадоксальная ситуация: несмотря на огромные запасы водных ресурсов, страна оказалась в тяжелейшей ситуации по водообеспечению населения и отраслей промышленности водой необходимого качества и в необходимом количестве.

Происходящее изменение экосистемы бассейна влияет на весь геохимический комплекс. Этот процесс может продолжаться до полной деградации бассейна, если не изменить формы и качества антропогенного воздействия на него.

Учитывая настоятельную необходимость реабилитации значительного количества водных объектов России, в ФГБУ РосНИИВХ была разработана «Концепции реабилитации водных объектов», в которой в одном из положений была изложена «Общая методология реабилитации водных объектов», включающая следующие пункты:

– Определение состояния биогеоэкосистемы водного объекта (водный объект,

водосбор, воздушная и подземная экосистемы).

– Оценка необходимости (да, нет) восстановления или улучшения состояния экосистемы водного объекта.

– Определение степени произошедших изменений (обратимое, необратимое) в биогеоэкосистеме водного объекта

– Определение реально достижимой степени восстановления нарушенных экосистем водного объекта и водосбора в конкретной ситуации с учётом технических и финансовых возможностей.

– Анализ причин фиксируемого состояния водного объекта, ранжирование источников негативного воздействия по количеству вносимых загрязнений и по степени негативного воздействия).

– Выбор методов реабилитации количественных, качественных характеристик водного объекта и его биогеоэкосистемы на основе ранжирования причин его неудовлетворительного состояния.

– Прогноз состояния водного объекта после предполагаемого устранения основных причин ухудшения качества воды и стоковых характеристик водоемосточника, сопоставление с целевыми показателями, принятыми в СКИОВО бассейна водного объекта.

– Выбор оптимальных «технических методов ликвидации причин фиксируемого состояния водного объекта (Технологическое регулирование водопользования (нормирования сбросов).

– Разработка ОВОС предлагаемых методов ликвидации источников загрязнения

– Определение этапов реабилитации в соответствии с финансовыми возможностями хозяйствующих субъектов и необходимым уровнем восстановления с оценкой результатов каждого этапа.

– Собственно реабилитация водного объекта и водосбора.

– Мониторинг за состоянием восстановленного водного объекта и водосбора.

– Корректировка «реабилитационных» мероприятий в соответствии с результатами мониторинговых наблюдений.

Реализуя положения «Общей методологии...», учитывая разнообразие и различие физических и биологических процессов, протекающих в различных водных объектах, были разработаны: «Пособие по выбору приоритетных действий, направленных на реабилитацию водоёмов (озёра, водохранилища)», «Пособие по выбору приоритетных действий, направленных на реабилитацию водотоков», «Пособие по экспертизе проектов, направленных на реабилитацию водоёмов (озёра, водохранилища)», «Пособие по экспертизе проектов, направленных на реабилитацию водотоков»

III. 1 Пособие по выбору приоритетных действий, направленных на реабилитацию водоёмов (озёра, водохранилища)

«Пособие по выбору приоритетных действий, направленных на реабилитацию водоёмов (озёра, водохранилища)» разработано для озёр и водохранилищ с замедленным, умеренным и повышенным водообменом, подверженным эвтрофикации, либо не подверженным эвтрофикации, но загрязняемым специфическими ингредиентами, либо подверженным и эвтрофикации, и загрязнению. Помимо классификации по проточности, эти водные объекты разделены на оптически мелководные и средне-глубоководные, и глубоководные, отличающиеся трофическим статусом и видовым составом продукции внутриводоёмных процессов (фитопланктон, высшая водная растительность).

В основе данного «Пособия ...» лежит балансовый метод. Для эвтрофируемых водоёмов производится определение удельной фосфорной нагрузки, основных потоков фосфора (внешних, включая и водосбор, и внутренних), определяется его годовой баланс, трофический уровень, оценка необходимого снижения биогенной нагрузки, ранжирование потоков, выделение наиболее существенных, выбор методов их инактивации, прогноз состояния водоёма после данной процедуры и корректировка степени инактивации источников,

если ожидаемый результат не достигнут. При этом учитываются возможности НДТ.

Для водоемов, не подверженных интенсивной эвтрофикации, но загрязняемых техногенными ингредиентами, оценивается фактическое состояние по интегральному Показателю Антропогенной Нагрузки (ПАН) с экологических позиций, определяющему, в соответствии с [1], классы качества воды по значениям пороговых ПАН при наличии в воде не только базовых показателей, но и показателей экотоксичности, поступление годового количества ингредиентов из внешних и внутренних источников и величина общего ПАН и его составляющие (ПАН, формируемый каждым из загрязнителей Производится внутреннее ранжирование ПАН по ингредиентам, определяют оказывающие наиболее значимое воздействие. Далее по величине ПАН ранжируются источники загрязнения, выделяются наиболее значимые, выбираются методы их инактивации и рассчитывается снижение количества поступающего ингредиента в водоем, уменьшение величины ПАН лимитирующего показателя воздействия при той или иной степени изъятия соответствующего ему ингредиента выбранным методом (с учетом НДТ), а также изменение их концентрации в водоеме и ПАН в целом для водного объекта.

При совокупном воздействии антропогенной деятельности (эвтрофирование и загрязнение химическими ингредиентами) выполняются все перечисленные выше процедуры.

Приведены примеры апробации Предлагаемого «Пособия...». Например, для озера Шарташ (интенсивно эвтрофирующего водоёма) произведена оценка его состояния после реализации восьми, рассматриваемых в проектных организациях реабилитационных мероприятий: – изменение проточности; – удаление донных отложений; – предотвращение внешнего загрязнения фосфором; – химическая коагуляция фосфора; – техническое изъятие продукции макрофитов; – создание экосис-

темы с высокой продукцией рыб-макрофитофагов и рыб-фитопланктонофагов и интенсивный их вылов; – повышение уровня водоема. Для данного водоёма значимый эффект достигается только при удалении донных отложений или повышении уровня на 2 метра. При этом «Пособие ...» позволяет рассчитать необходимое и достаточное количество удаляемых донных отложений для достижения задаваемого уровня трофии. Повышение же уровня озера на 2 метра возможно только теоретически.

III. 2 Пособие по выбору приоритетных действий, направленных на реабилитацию водотоков

Анализ причин, вызывающих нежелательные с точки зрения водоснабжения и использования рекреационных и биологических ресурсов изменения состояния естественных поверхностных водотоков показал, что они могут быть как антропогенного, так и естественного характера.

Пособие по выбору приоритетных действий, направленных на реабилитацию водотоков основано на анализе степени нарушения выше упомянутых характеристик, анализе и ранжировании их причин. На основании последнего производится подбор мероприятий, определение необходимой и достаточной степени их реализации для достижения задаваемых параметров, прогноз состояния реки после их реализации и корректировка (при необходимости).

Рассмотрена совокупность следующих видов воздействия (антропогенного и природного) на речные системы: – спрямление речных русел; – добыча гравия и песка из русла; – добыча драгоценных металлов и камня из русел дражным способом; – разрыв речного континуума путем строительства гидротехнических сооружений; – истощение водных ресурсов вследствие их чрезмерного изъятия; – засорение русел топляком при сплаве древесины, травой, мусором, технологическими, строительными и бытовыми отходами; – загрязнение реки сточными водами, в т.ч. ливневыми с территории городов и поступающими с водой притоков; – загрязнение реки поверх-

ностным стоком с территории водосбора; – загрязнение реки поверхностным стоком с территории водосбора при гидравлической добыче драгоценных металлов и камней; – тепловое загрязнение воды; – снижение водоудерживающей удерживающей способности речных бассейнов; – засорение русла реки в результате естественных природных процессов (оползни, ветровал, жизнедеятельность животных и пр.); – влияние накопленного экологического ущерба.

Степени нарушения при загрязнении поверхностных вод и изменения состояния водной экосистемы при антропогенной нагрузке, способствующей указанным изменениям:

– Низкая – речная экосистема находится в хорошем естественном состоянии, не испытывающем, или слабо испытывающем антропогенное воздействие от загрязнения воды – ИТК(индекс трофической комплектности) $> 20,58$; ПАН $= < 10,8$

– Средняя – речная экосистема испытывает умеренную антропогенную нагрузку из-за постоянного присутствия источника (причины)загрязнения вод и изменения состояния экосистемы – $13,72 < \text{ИТК} < 20,57$; $10,8 < \text{ПАН} < 24,0$.

– Высокая – речная экосистема подвержена сильной деградации из-за высоких концентраций загрязняющих веществ в сточных водах или других воздействий – $\text{ИТК} < 13,72$; ПАН $\geq 24,0$.

2.1 Определение кризисных участков и необходимости проведения на водотоке реабилитационных работ

Производится сбор мониторинговой информации, на основе которой формируется оценка общего состояния проблемного водотока или его участков и представление о видах антропогенного воздействия на него. На основании положений, закреплённых в табл.1, определяются: – оцениваемый показатель; – виды исследований, необходимые для оценки состояния и принятия решения о необходимости реабилитации при определённых видах воздействия.

Проводятся рекогносцировочные гидрохимические и гидрологические исследования на всех водохозяйственных участках водотока, для которых рассчитывается фактическая величина ПАН в начале и конце участка.

Фактические величины ПАН накладываются на график, построенный в координатах: – длина реки (участка) с нанесёнными точками отбора (ось абсцисс) – величина ПАН (ось ординат) (рис.1) На нём проведены три прямые, параллельные оси X: одна из ординаты 4,2 (максимальное значение ПАН для 1-го класса качества воды – прямая 1), вторая – из ординаты 10,8 (максимальное значение ПАН для 2-го класса качества воды – прямая 2) третья – из ординаты 24,0 (максимальное значение ПАН для 3-го класса качества воды – прямая 3).

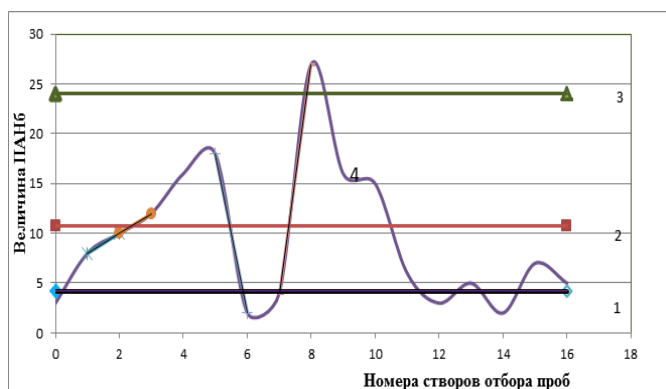


Рисунок 1. Изменение величины ПАН для различных участков условного водотока

Примечание:– горизонталь 1 – верхняя граница ПАН для первого класса качества воды;
– горизонталь 2 – верхняя граница ПАН для второго класса качества воды;
– горизонталь 3 – верхняя граница ПАН для третьего класса качества воды;
– кривая 4 фактические значения ПАН для исследуемых участков

Опираясь на данные, представленные на рис.1, можно сделать заключение, что в реабилитационных мероприятиях различного уровня, ведущие к снижению ПАН, нуждаются участки от 2-го створа до пятого, от седьмого до десятого и от 14 до 15.

Для этих участков определяются конкретные виды антропогенного воздействия, оказывающие негативное влияние на состояние водотоков.

Проводятся необходимые исследования, на основании которых определяется, в соответствии с табл. 1, степень изменения, произошедшая в водотоке и необходимость в проведении реабилитационных работ. (Табл. 2 представлена в сокращённом варианте)

Целевыми показателями при реабилитации водотоков с измененными параметрами, является состояние, соответствующее показателю, при котором необходимость в реабилитации отсутствует.

В таблице 3 (Представлена на один вид воздействия) показаны виды воздействий,

степени изменения, требующие проведения реабилитационных мероприятий, перечень реабилитационных мероприятий, позволяющих решить задачу

Аробация «Пособия ...» проводится на р. Туре.

Река Тура находится в Западной Сибири, является левым притоком р. Тобол, относящегося к гидрографической сети Арктического бассейна (Исеть – Тобол – Иртыш – Обь). Река Тура протекает по территории Свердловской области (70%), далее последние 260 км протекает по Тюменской области и впадает в р. Тобол в 256 км от его устья. Общая длина реки Тура – 1030 км, площадь водосбора – 80,4 тыс. км². Расстояние от устья до наиболее удаленной точки речной системы (исток р. Тагил) 1057 км, общее падение на этом расстоянии 477,5 м, средний уклон 0,4%, средневзвешенный уклон 0,1%. Речная сеть бассейна хорошо развита, густота речной сети 0,14 км/км².

Таблица 1. Виды воздействий, оцениваемый показатель, виды исследований, степени изменения, необходимость в реабилитации

№ пп	Виды воздействия	Виды воздействия	Виды исследований, необходимые для оценки состояния и принятия решения о необходимости реабилитации	Степени Изменения	Необходимость в реабилитации
	Спрямление речных русел	Изменение русловых процессов: усиление интенсивности размыва русла, увеличение количества местного твердого стока и последующее отложение наносов на нижерасположенном участке, перераспределение уклонов и изменение характера русловых деформаций.	1. Изучить на карте вид реки в плане и сравнить историческую карту с современной, определить, являются ли изменения результатом инженерных работ и т.д. 2. Оценить изменения русловых процессов: морфологических изменений русла, определение зон наносов, намыва и подмыва берегов, переформатирования дна, плановые изменения,	Усиление интенсивности размыва русла, перераспределение уклонов и изменение характера русловых деформаций от 0 до 15% от протяжённости участка включительно, увеличение местного твёрдого стока на участке на 15%.	Не требуется
				Усиление интенсивности размыва русла, перераспределение уклонов и изменение характера русловых деформаций от 15% и выше протяжённости участка, увеличение местного	Требуется

			деформации русла как по профилю, так и в плане, гидрология /7/. Экосистемные исследования. 3 Желательно иметь информацию о состоянии реабилитируемой реки или участка на уровне периода, предшествующего изменению водотока в результате вмешательства (гидрология, профиль и план русла, гидрохимия, состояние экосистемы.	твёрдого стока на участке более, чем на 15%.	
--	--	--	--	--	--

Таблица 2. Виды воздействий, степени изменения, требующие проведения реабилитационных мероприятий, необходимые реабилитационные мероприятия

№ пп	Виды воздействия	Изменения, требующие проведения реабилитационных работ	Виды реабилитационных воздействий при различных степенях изменений
	Спрявление русел	Усиление интенсивности размыва русла, перераспределение уклонов и изменение характера русловых деформаций от 15% и выше протяжённости участка, увеличение местного твёрдого стока на участке более, чем на 15%. Свыше 15% протяжённости участка реки имеют изменение плановой конфигурации, продольного и поперечного профиля участка реки	<ol style="list-style-type: none"> 1. Мероприятия, направленные на возвращение плановой конфигурации участка реки, его продольного и поперечного профиля к исходным (до спрямления) на 85% его протяжённости. (уменьшение скоростей на участке за счёт уменьшения уклонов, что может быть достигнуто удлинением пути воды за счёт меандрирования. 2. Удаление отложившихся отложений наносов на нижерасположенном участке до уровня естественного залегания русла. 3. Возможная очистка старого русла до уровней естественного залегания и другие русло-восстановительные работы. 4. Прогноз состояния после реабилитации. Разработка системы мониторинга. Мониторинг.

Выявленные участки с деградацией по ПАНб были исследованы на виды негативного воздействия. Для р. Туры установлены следующие виды воздействия:

- добыча полезных ископаемых из русла (песка, гравия, драгоценных металлов и камней дражным способом);
- разрыв речного континуума путем строительства гидротехнических сооружений;

- засорение русел топляком при сплаве древесины, травой, мусором, строительными и бытовыми отходами;

- загрязнение реки сточными водами, в т.ч. и ливневыми с территории городов;

- загрязнение реки поверхностным стоком с территории водосбора, включая загрязнение реки при гидравлической добыче драгоценных металлов и камней;

- влияние накопленного экологического ущерба.

- Транзитное загрязнение сточными водами р. Туры через притоки: р. Кушва, р. Выя, р. Салда, р. Тагил, р. Ница, р. Пышма.

Наиболее сложная ситуация складывается после впадения р. Пышмы. Представлено количество населённых пунктов и предприятий на водосборе Туры, являющихся источниками загрязнений. Представлены виды работ, необходимые для проведения непосредственно в русле р. Туры.

Необходимо проведение комплексных исследований на всех притоках, оказывающих влияние на состояние р. Туры для выяснения источников негативного влияния на качество воды в них и разработке реабилитационных мероприятий для притоков.

В настоящее время ведутся исследования, направленные на разработку реабилитационных мероприятий для одного из наиболее крупных притоков р. Туры – р. Пышмы.

Поскольку в обоих пособиях используется Балансовый метод, обследования рекомендуется проводить ежемесячно в течение года, в отличии от мониторинговых

наблюдений, рассчитанных на 1 раз в сезон, некоторых зон – 1раз в несколько лет (донные отложения, например).

III. 3 Пособия по экспертизе проектов, направленных на реабилитацию поверхностных водных объектов разработаны в связи с необходимостью общей методологии проведения данных работ, поскольку анализ показал отсутствие таковой это, зачастую, приводило к противоположным заключениям по одному проекту, одобрению реабилитационных мероприятий, фактически не принесших положительных изменений в состояние водных объектов

Оценка состояния водных объектов, как факторов формирования среды обитания является базовой характеристикой для организации на территории того или иного вида хозяйственной деятельности. Необходимость проведения реабилитационных работ на водных объектах – одна из сложных и необходимых задач мировой водохозяйственной деятельности.

1. ГОСТ Р 575075-2016 «Методология и критерии идентификации наилучших доступных технологий водохозяйственной деятельности. М.: Стандартинформ, 2016»