УДК: 912.43 **DOI: 10.35595/2414-9179-2020-3-26-184-198**

К.С. Алсынбаев[1], В.М. Брыксин[2], Л.Ф. Жегалина[3], А.В. Козлов[4], И.В. Назаров[5]

СОЗДАНИЕ БАЗЫ ГЕОДАННЫХ МЕЛИОРАТИВНОЙ СИСТЕМЫ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

АННОТАЦИЯ

В статье изложен опыт создания базы геоданных мелиоративной системы Калининградской области для интеграции в автоматизированную систему управления сельскохозяйственными землями. Уникальность этой мелиоративной системы заключается в масштабности мелиоративных объектов, созданных во времена Восточной Пруссии и советский период. Приведена характеристика современного состояния объектов мелиоративных систем Калининградской области. Освещены актуальные проблемы и потенциальные угрозы в условиях изменения климата. Обоснована актуальность цифровизации в сфере государственного управления мелиоративным хозяйством области и в аспекте трансграничного сотрудничества.

Рассмотрена первичная модель данных, структура картографических слоев и состав атрибутивной информации. Описаны особенности исходной информации и проблемы их подготовки. Разработана технология ввода разрозненных, слабо формализованных данных с применением авторских сервисных программ контроля геометрии, топологии и автоматизации операций, позволяющая на порядок увеличить производительность и корректность ввода данных, по сравнению со штатными средствами базовых геоинформационных систем.

Приведены примеры разработки тематических карт как информационной основы ведения мониторинга осушаемых земель Калининградской области для принятия обоснованных эколого-экономических управленческих решений. Предложены перспективные направления применения и развития созданной базы геоданных: проект геопортала на основе серверного хранилища данных с привлечения спутниковой информации, проект гидрологического моделирования опасных и катастрофических явлений в различных мелиоративных подсистемах.

Созданная база геоданных позволяет повысить оперативность обработки и анализа информации о мелиоративных системах в локальном и региональном масштабах, даёт возможность географической визуализации актуальной информации о состоянии мелиоративных систем, позволяет повысить качество и сократить сроки подготовки принятия решений органов исполнительной власти по вопросам управления мелиорацией.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: база геоданных, мелиоративная система, польдер, осушение, ГИС

---

[1] Балтийский федеральный университет имени И. Канта, ул. Пролетарская, д. 131, 236029, Калининград, Россия; *e-mail:* **KAlsynbaev@kantiana.ru**
[2] Балтийский федеральный университет имени И. Канта, ул. Пролетарская, д. 131, 236029, Калининград, Россия; *e-mail:* **VBryksin@kantiana.ru**
[3] Балтийский федеральный университет имени И. Канта, ул. Пролетарская, д. 131, 236029, Калининград, Россия; *e-mail:* **LZhegalina@kantiana.ru**
[4] Балтийский федеральный университет имени И. Канта, ул. Пролетарская, д. 131, 236029, Калининград, Россия; *e-mail:* **AnKozlov@kantiana.ru**
[5] Балтийский федеральный университет имени И. Канта, ул. Пролетарская, д. 131, 236029, Калининград, Россия; *e-mail:* **INazarov@kantiana.ru**

Kamil S. Alsynbaev[1], Vitaly M. Bryksin[2], Lilia F. Zhegalina[3], Anton V. Kozlov[4], Igor V. Nazarov[5]

CREATING OF GEODATABASE OF MELIORATION SYSTEM OF THE KALININGRAD REGION

ABSTRACT

The article describes the experience of creating a geodatabase of the melioration system of the Kaliningrad region for integration into an agriculture management automated system. The uniqueness of this melioration system is the scale of drainage facilities created during East Prussia time and Soviet period. The characteristic of the current condition of melioration system facilities is given. Actual problems and potential risks in the context of climate change are highlighted. The relevance of digitalization in melioration sector of public administration and in in the context of transboundary cooperation is explained.

The primary data model, the structure of cartographic layers, and the composition of attribute information are considered. The features of the initial data and the problems of their preparation are described. The technology of inputting poorly formalized data has been developed. Authors used own service programs for geometry control, topology, and automation of operations, which allows increasing the productivity and accuracy of data input in comparison with standard means of basic geographic information systems.

Thematic maps, examples of which are given, are the information basis for monitoring of drained lands of the Kaliningrad region to make environmental and economic management decisions. Promising areas of application of the geodatabase are proposed: geoportal project based on server data storage with using satellite information; project for hydrological modelling of hazardous and catastrophic occurrence in various melioration subsystems.

The created geodatabase allows increasing the efficiency of processing and analysis of information about melioration systems on a local and regional scale enables the geographic visualization, helps in melioration management making-decisions.

KEYWORDS: geodatabase, melioration**,** drainage system, polder, GIS

ВВЕДЕНИЕ

Калининградская область обладает рядом особенностей, по сравнению с большинством субъектов Российской Федерации, в частности, обширными низинными территориями. В области располагаются более 70 % польдерных земель России. Значительная часть территории расположена ниже уровня моря (до -1,6 м). При этом сельскохозяйственные земли региона имеют высокий потенциал. Большая часть польдерных земель находится в Неманской низменности (территории Славского и Полесского районов).

Мелиоративная система Восточной Пруссии по своей сложности и оснащённости относилась к одной из лучших в Европе. Как в немецкий период, так и в советское время

[1] Immanuel Kant Baltic Federal University, Proletarskaya str., 131, 236029, Kaliningrad, Russia;
e-mail: **KAlsynbaev@kantiana.ru**
[2] Immanuel Kant Baltic Federal University, Proletarskaya str., 131, 236029, Kaliningrad, Russia;
e-mail: **VBryksin@kantiana.ru**
[3] Immanuel Kant Baltic Federal University, Proletarskaya str., 131, 236029, Kaliningrad, Russia;
e-mail: **LZhegalina@kantiana.ru**
[4] Immanuel Kant Baltic Federal University, Proletarskaya str., 131, 236029, Kaliningrad, Russia;
e-mail: **AnKozlov@kantiana.ru**
[5] Immanuel Kant Baltic Federal University, Proletarskaya str., 131, 236029, Kaliningrad, Russia;
e-mail: **INazarov@kantiana.ru**

были сделаны огромные вложения в создание, развитие и поддержание мелиоративной системы. В Калининградской области осушительная мелиорация сельскохозяйственных, лесных и селитебных земель охватывает территорию общей площадью порядка 10,5 тыс. км^2 (около 80 % территории) и обеспечивает возможность эффективной хозяйственной деятельности, а в значительной части региона и возможность проживания населения. Суммарная протяжённость осушительной сети области составляет свыше 5 тыс. км. Многие речные системы, особенно в дельте Немана, долине р. Преголи и на побережьях Куршского и Калининградского заливов, используются в качестве водоприёмников откачиваемых с польдерных земель вод.

Годы после распада Советского Союза, смена экономической формации, отчуждение сельхозземель по частным собственникам при сохранении федеральной и региональной собственности на объекты капитального строительства мелиоративных систем, многократное снижение финансирования мелиоративных хозяйственных организаций нанесли катастрофический удар по состоянию мелиоративной системы Калининградской области. Большая часть мелиоративного хозяйства пришла в упадок, водотоки заросли кустарником, заилились. Многие дамбы находятся в полуразрушенном состоянии. Фактически были потеряны данные о подземном дренаже.

Ситуация несколько улучшилась в последние 5–10 лет благодаря федеральным и региональным программам, а также участию крупных сельхозпредприятий, таких как «Залесский фермер», «Долгов Групп», «Романовски Агро» и др.

В настоящее время осушается свыше 94 % из общей площади сельскохозяйственных угодий Калининградской области (8,2 тыс. км^2). Обвалованные территории дренируются с помощью механического подъёма вод; 92 автоматизированные насосные станции общей производительностью в 132,2 м^3/с перекачивают ежегодно от 700–800 млн м^3 до 1 км^3 воды.[1] Однако около одной трети сельскохозяйственных земель находятся в неудовлетворительном мелиоративном состоянии.

Мелиорация земель в зоне избыточного увлажнения на основе дренажа и орошения в сочетании с высокой культурой земледелия и применением инновационных технологий в сельском хозяйстве — необходимое условие для получения достойного урожая в сложных климатических условиях. Как показывает опыт Нидерландов, в условиях стабильности закупочных цен на сельхозпродукцию, дренаж должен окупаться за счёт увеличения урожайности за 3–4 года [*Lambert и др.*, 2011].

Опыт прибалтийских республик Литвы, Латвии и Эстонии показывает, что по данным на 2015 г. износ дренажных систем составил 64,5 %, а площади с неработающим дренажем достигли 222 тыс. га. За период с 2008 г. значительно сократились субсидии Евросоюза на мелиоративные работы [*Исаева и др.*, 2019].

Последние два года для прибалтийских республик были неблагоприятны по климатическим условиям: 2017 г. — экстремально высокое количество осадков, принесшее ущерб в размере порядка 40 млн. евро из-за несвоевременного сбора урожая, в 2018 г. — засуха.

На протяжении более 20 лет в прибрежных областях Польши систематически повторяются городские наводнения, вызванные атмосферными осадками. Недавно принятый Закон о водных ресурсах учитывает проблемы управления рисками наводнений и противодействия последствиям засухи [*Suligowski и др.*, 2018].

С учётом происходящих климатических изменений, Калининградская область неминуемо будет сталкиваться с экологическими и экономическими рисками, связанными

[1] www.nord-west-water.ru/activities/ndv/scheme-of-complex-use-and-protection-of-water-resources-in-the-neman-river-basin-and-rivers-of-baltic-sea-basin-russian-part-in-the-kaliningrad-region/

прежде всего с наводнениями и подтоплениями, которые могут проявляться гораздо более остро и внезапно, чем в других субъектах РФ.

Практически ежегодно в результате сезонных паводков и затяжных дождей происходит подтопление больших площадей сельскохозяйственных и лесных земель, дорог, а зачастую и территорий населённых пунктов, что приводит к значительному материальному ущербу, убыткам в сельском и коммунальном хозяйствах.

Подъёмы уровня воды в реках в основном связаны с прохождением половодья, а также ветровыми нагонами с Куршского и Калининградского заливов. Паводками и половодьями высокой обеспеченности затопляются территории, расположенные на побережье Калининградского и Куршского заливов и неодамбованные участки пойм рр. Неман, Преголя, Дейма. Суммарная площадь затопления половодьями и паводками 1 % обеспеченности составляет 1858 км^2, 10 % — 590,3 км^2.

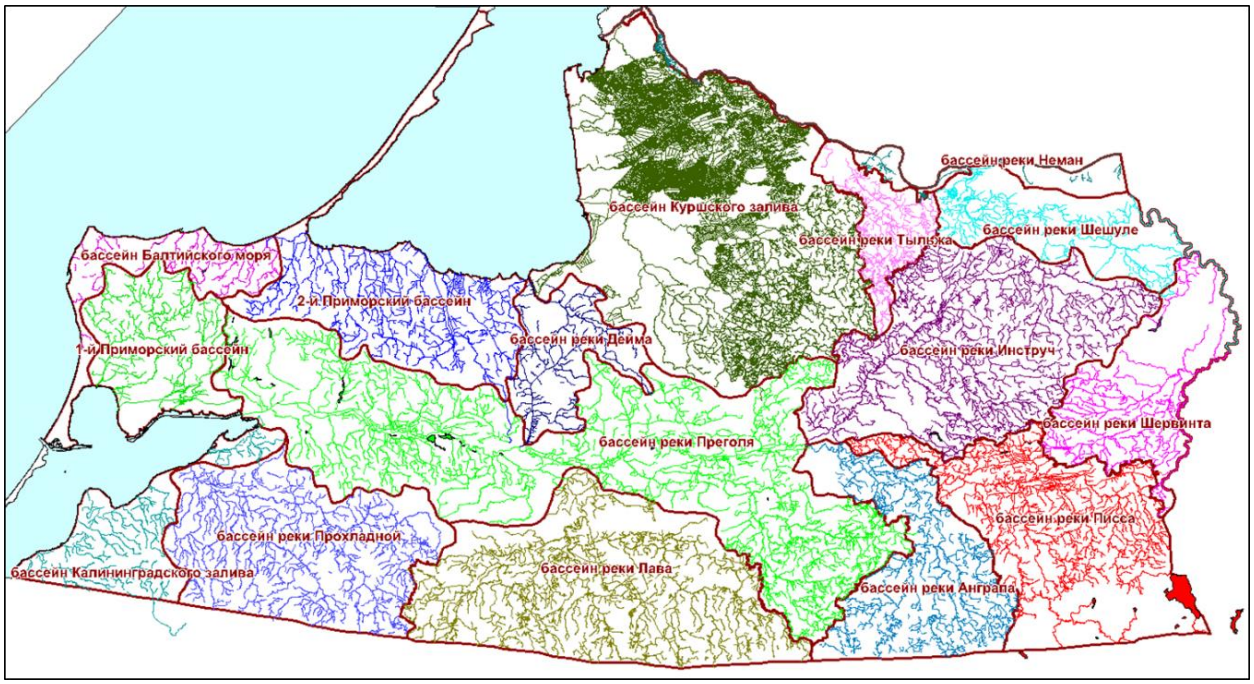

Рис. 1. Распределение водотоков по гидрологическим бассейнам Калининградской области
Fig. 1. Distribution of rivers in hydrological basins in Kaliningrad region

Наиболее подвержены затоплениям Полесский и Славский административные районы. Затопления населённых пунктов, промышленных объектов, сельскохозяйственных угодий, линий электропередач, дорог и мостов местного значения наносят большой ущерб экономике Калининградской области. Экологический ущерб связан с размывом берегов, смывом почвенного покрова с сельхозугодий, загрязнением водных объектов.

По данным Невско-Ладожского БВУ, площадь подтопления городских территорий Калининграда грунтовыми водами составляет более 20 км^2, что приносит большой ущерб городскому хозяйству. Существенной причиной подтопления селитебных районов является износ и неудовлетворительное функционирование осушительных систем, насосных станций, водоприёмников. По состоянию межхозяйственных ГТС, находящихся в ведении Калиниградмелиоводхоз, из 45 осушительных систем, действующих на территории

Калининградской области, в 29 системах более половины каналов имеют технический износ более 80 %, реконструкции и ремонта требуют 85 % защитных дамб и 90 % насосных станций[1].

Особый статус Калининградской области заключается в её геополитическом положении. Крупные реки региона являются пограничными и трансграничными водными объектами. Бассейн реки Неман расположен на территории 4-х государств (Беларусь, Литва, Польша, Россия). Часть водосбора р. Преголя и рек бассейна Калининградского залива расположены на территории Польши.

Следует отметить, что в настоящий момент не существует действующего соглашения между странами, использующими водные ресурсы трансграничных и пограничных водных объектов. Поэтому так важно обеспечить возможность последующей интеграции в единую систему согласованного управления трансграничными водными объектами и предупреждения рисков.

В странах Европейского союза на основе ГИС-технологий и баз данных разработаны автоматизированные системы, которые обеспечивают ведение государственного учёта мелиоративных систем и гидротехнических сооружений. В Нидерландах цифровая система управления и мониторинга мелиоративных систем, позволяет в онлайн-режиме отслеживать состояние объектов мелиоративных систем, оперативно корректировать их работу, тем самым экономить человеческие и финансовые ресурсы. Автоматизированная система государственного учёта мелиоративных систем GISMELIO GOSUCHET также действует в Республике Беларусь.

Говоря о перспективах развития мелиоративного хозяйства области в условиях изменения климата, возрастает актуальность создания сценариев адаптации мелиоративных систем с переходом от стратегии быстрого отвода излишней воды к стратегии непрерывного мониторинга уровня вод и создания систем контролируемого дренажа индивидуально для условий каждого сельскохозяйственного участка. Такие системы контролируемого дренажа разрабатываются в Нидерландах, Польше [*Ritzema et al.,* 2015; *Sojka et al.,* 2019].

Цифровая трансформация российской экономики определена «Стратегией развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы» и программой «Цифровая экономика Российской Федерации» [*Халин и др.,* 2018]. В области мелиорации цифровизация должна стать базой управления государственным имуществом, контрольно-надзорной деятельности, планирования, мониторинга и оценки результатов деятельности органов власти.

К моменту создания базы геоданных мелиоративных систем Калининградской области существующая Автоматизированная система управления сельскохозяйственными землями представляла собой базу данных, содержащую табличную и отчётную информацию, включая ограниченные сведения о мелиорируемых землях. Блок визуализации геопространственных данных и представления картографических материалов отсутствовал.

МАТЕРИАЛЫ, МЕТОДЫ, РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Характеристика исходных данных

Мелиоративное хозяйство Калининградской области включает в себя государственные гидромелиоративные системы и отдельно расположенные гидротехнические сооружения, находящиеся в Федеральной собственности.

Перечень информации об объектах мелиорации определен на основе официальных информационных ресурсов Минприроды России и Минсельхоза России [*Бубер и др.,* 2018].

[1] www.nord-west-water.ru/activities/ndv/scheme-of-complex-use-and-protection-of-water-resources-in-the-neman-river-basin-and-rivers-of-baltic-sea-basin-russian-part-in-the-kaliningrad-region/

Всего в структуру 45 гидромелиоративных систем входит 1590 гидротехнических сооружений, в т.ч. 1256 каналов, 22 регулятора, 92 насосных станции, 115 дамб и 105 отрегулированных водоприёмников.

При создании базы геоданных мелиоративных систем Калининградской области полученные исходные материалы представляли собой разновременные и разномасштабные ветхие бумажные карты и план-схемы без проекции и привязки, слабо формализованные таблицы Калининградмелиорации, множество чертежей, корректурных планов, схемы объектов капитального строительства на мелиоративных сетях, топографические карты масштаба 1: 10 000 (табл. 1).

Таблица 1. Объём обработанных материалов
Table 1. Quantity of processed materials

Растр	**Кол-во**
Корректурные и мелиоративные планы (м-б 1: 10 000) (листов)	361
Чертежи инвентаризации (м-б 1:10 000)	128
План-схемы реконструкции (листов) (м-б 1: 2 000, 5 000, 10 000)	230
Мелиоративные планы (пластик, листов) (м-б 1: 10 000)	178
Вектор	
Водотоки (водоприёмники, каналы распределительной сети, каналы внутрихозяйственных и соединительных сетей)	22 300
Объекты капитального строительства на мелиоративных сетях (мосты, трубопереезды, дюкеры, насосные, шлюзы, дамбы обвалования)	4 000
Устья дренажных систем (дрен)	30 100
Участки сданных мелиоративных систем	2 100
Участки земель по типу осушения/орошения (необходимость реконструкции)	4 700
Сводные атрибутивные таблицы объектов мелиоративных сетей различных форм собственности	27

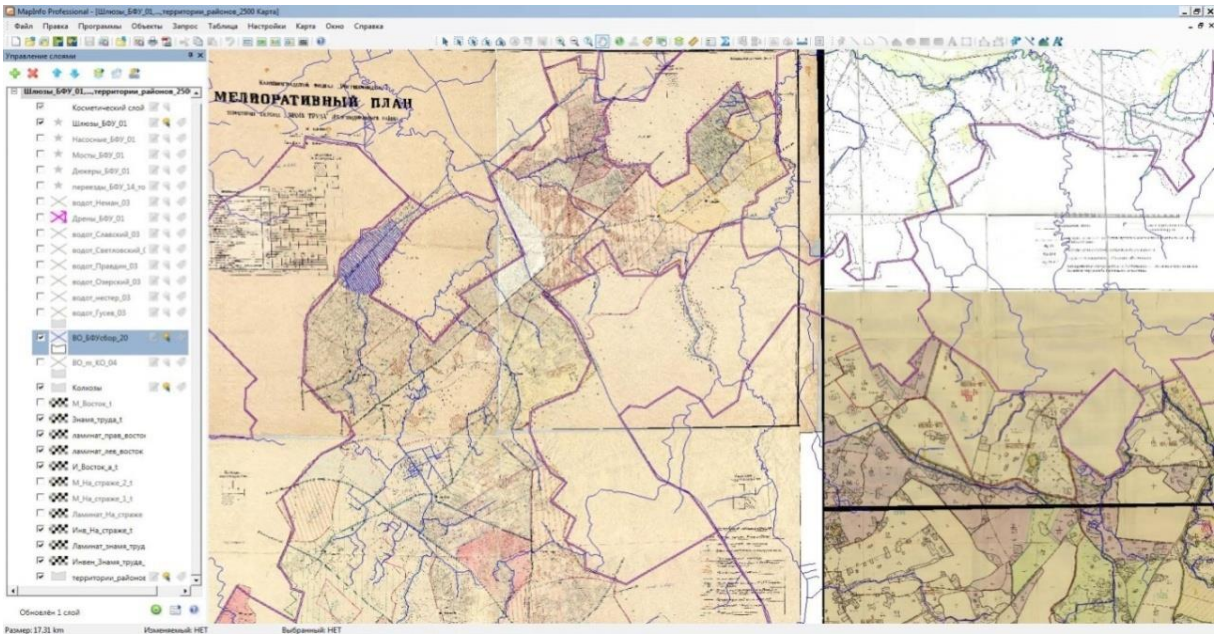

Рис. 2. Растровые изображения исходных мелиоративных планов
Fig. 2. Raster images of original land melioration plans

В ходе работ по цифровизации мелиоративных систем было произведено сканирование и геопривязка растров в МСК-39, составление мозаик. Суммарно обработано 897 растров различных масштабов. Оцифрованы мелиоративные и корректурные планы, чертежи инвентаризации м-ба 1: 10 000 (рис. 2). Работа проведена с использованием ПО MapInfo, ArcGIS, Easy Trace.

Модель первой очереди базы геоданных

Первичная модель данных в целом была определена «НПЦ «ИКС» (г. Санкт-Петербург) для использования в Автоматизированной системе управления сельскохозяйственными землями Калининградской области.

Среди основных слоёв геобазы — «Водотоки», «Участки мелиорации», «Мосты, трубопереезды и регуляторы», «Дренажные устья», «Дамбы», «Насосные станции». Важнейший слоем является линейный слой «Водотоки». Данный слой включает все поверхностные водотоки: реки, каналы, все виды водоприёмников, является самым объёмным и содержит сведения обо всех водных объектах области. Объекты слоя образуют многоуровневую структуру, соответствующую иерархии водных объектов (водоприёмник старше по иерархии входящего в него водотока), направление линейных объектов соответствует направлению течения. Каждый объект в качестве одного из идентификаторов имеет шифр водотока, который соответствует системе, разработанной в 1960–1980-е гг. Шифр формируется из слогов, при этом каждый родительский шифр целиком входит в шифр потомка. Иерархия объектов также отражается в атрибутивной части слоя. Слой «водотоки» должен был также топологически интегрировать остальные слои мелиоративной системы: мосты, трубопереезды и т.д.

Технология ввода данных

Ввод и формирование данных должно было обеспечивать топологическую и объектовую корректность данных, согласование слоёв на топографической основе, которую представляла цифровая карта м-ба 1: 10 000. Каждый оператор работал с тремя видами входной информации:

- топографическая карта масштаба 1: 10 000;
- сканированные бумажные мелиоративные карты;
- excel-таблицы с атрибутивными данными по объектам мелиоративной системы.

Оператор должен был на основе этих данных составить корректный слой геобазы, включая атрибутивную и геометрическую компоненты.

Наибольшую сложность для ввода геометрической компоненты представлял слой «Водотоки».

Разработка технологии ввода и формирования базы геоданных должна была учитывать множество проблем и сложностей, в частности:

- топографическая цифровая карта м-ба 1: 10 000 не поддерживала топологической корректности; возможны были многочисленные наложения, недовведённые линии, в одном слое могли быть объекты как линейных, так и точечных и площадных типов, в некоторых слоях («Сооружения») собраны объекты различных типов (мосты, могилы, остановки, плотины и др.). Атрибутивная информация могла содержать картографический класс (например, «река, канал в одну линию»), но атрибутика мелиоративной сети полностью отсутствовала и содержалась только в бумажных картах и Excel-таблицах;
- исходные бумажные карты, как правило, состояли из фрагментов, имели многочисленные дефекты и деформации, зачастую были составлены «экспертным» путём, не были пригодны для точной геопривязки;
- Excel-таблицы не обладали структурированностью, присущей даже простейшим, плоским базам данных. Шифры водных объектов в Excel-таблицах могли повторяться для различных районов и не были пригодны в качестве идентификаторов объектов. Зачастую они были ориентированы на визуальное восприятие, например, буквенные

составляющие шифров, такие как «М», «К», «С», могли воспроизводиться как на кириллице, так и на латинице.

Таким образом, оператор при вводе должен был решать задачу формализации атрибутивных данных, обеспечения требуемой геометрической точности и топологической корректности. Такая работа трудоёмка и порождает огромное количество ошибок, которые нужно каким-то образом выявлять и исправлять. Актуальной становилась задача разработки технологии для производительного ввода данных в этом проекте.

В работе использовались две системы — AcrGIS и MapINFO. Созданная технология частично опиралась на широкие возможности ArcGIS, другие проблемы решались путём создания специализированных функций для MapINFO на языке MapBasic.

В первую очередь была осуществлена «чистка» необходимых слоёв электронной топографической карты: объекты разнесены по слоям, функциями ArcGIS проведена первичная топографическая корректировка, прежде всего удалены наложения объектов гидросети.

Геопривязка бумажных карт к топооснове осуществлялась средствами ArcGIS с использованием функций нелинейных преобразований, как правило, сплайнов («резиновая поверхность»). На первом шаге создавались четыре точки для рамки, затем определялось необходимое число точек привязки, чтобы погрешность привязки растра позволяла однозначно идентифицировать объект гидросети на топокарте согласно обозначениям бумажной карты.

Далее в MapInfo были созданы целевые слои с необходимой плоской таблицей атрибутов, пригодной для дальнейшей реляционной связки с базой данных системы. Оконный интерфейс геоинформационной системы содержал геопривязанные растровые мелиоративные карты, необходимый слой модифицированной топокарты м-ба 1: 10 000 и результирующий редактируемый слой. Создание геометрических слоёв осуществлялось путём копирования из модифицированной топокарты нужной коллекции для каждого объекта с последующим их объединением в один линейный объект. Таким образом, линейные объекты мелиорации составлялись из фрагментов объектов топографической карты, обеспечивая точность масштаба.

Поскольку геоданные системы мелиорации имеют многоуровневую иерархическую структуру и сложную геометрию, задача оператора заключалась в обеспечении корректного ввода множества её свойств. Для оптимизации работы созданы и интегрированы в MapInfo сервисные программы контроля геометрии, топологии и автоматизации некоторых операций (рис. 3), в т.ч.:

- расстановка шифров водотоков-водоприёмников;
- проверка корректности шифров;
- поиск составных полилиний;
- проверка примыканий линейных объектов;
- проверка истинности атрибутики указанного водотока-водоприёмника путём анализа геометрических и топологических свойств;
- формирование шифра водотока и пикетажа;
- геокодирование шифра водотока и пикетажа;
- автоматическое формирование шифра водотока по близости водотока-водоприёмника;
- исправление ошибок латинских наименований;
- автоматическое назначение водотокам принадлежности к бассейнам;
- поиск повторов шифров в списках и слоях.

Для повышения корректности ввода с помощью дополнительных функций созданы классификаторы возможных значений, кодов и их слогов в атрибутивной части геоданных.

Экспертные оценки показали, что скорость ввода корректных данных при использовании разработанных функций возрастает на порядок по сравнению с традиционными способами с использованием штатных функций ГИС.

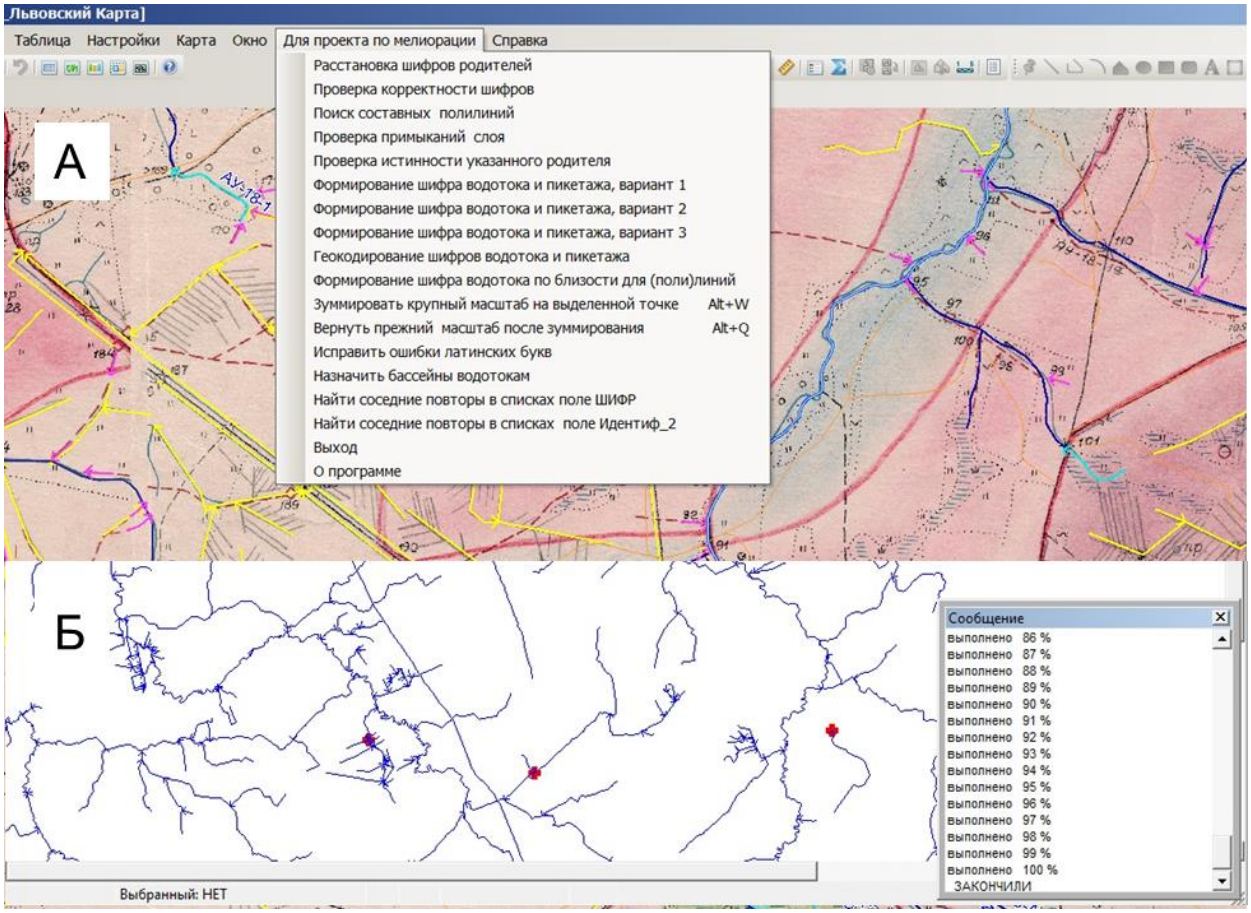

Рис. 3. Примеры интерфейсов работы по вводу и коррекции данных. Сервисные программы контроля геометрии, топологии и автоматизации некоторых операций:
А — выбор специализированной функции при вводе и использование растровой подложки;
Б — выявление участков некорректного примыкания водотоков к водоприёмникам
Fig. 3. Examples of data entry and correction work interfaces. Service programs for geometry and topology control and automation of certain operations:
A — selection of a specialized function when entering and using raster layers;
B — identification of areas of incorrect connecting of watercourses to water-inlet headers

Тематические карты на основе базы геоданных

Таким образом, в электронную базу данных мелиоративных систем Калининградской области были внесены сведения об объектах мелиоративной сети муниципальных образований: Гусевский муниципальный район, Неманский муниципальный район, Нестеровский район, Правдинский район, Озерский район, Славский муниципальный район, Светловский городской округ.

По окончании этапа сканирования и геопривязки инвентаризационных планов, растры были корректно совмещены со слоем векторной гидрографии, по которому осуществлялась привязка границ участков.

Все границы мелиоративных участков векторизованы полилиниями, сделана проверка топологии и преобразование в полигоны. Границы полигонов по каждому хозяйству (листу карты) согласованы и объединены в границах административных районов (рис. 4).

Всё множество полигонов распределено по тематическим слоям векторных объектов. Каждому участку каждого слоя присвоена своя атрибутивная информация, объединённая в таблицы атрибутов по целевому слою. Для каждого района сформировано от 6 до 8 векторных слоёв, которые были скомпонованы и оформлены в тематические карты проектов MapInfo.

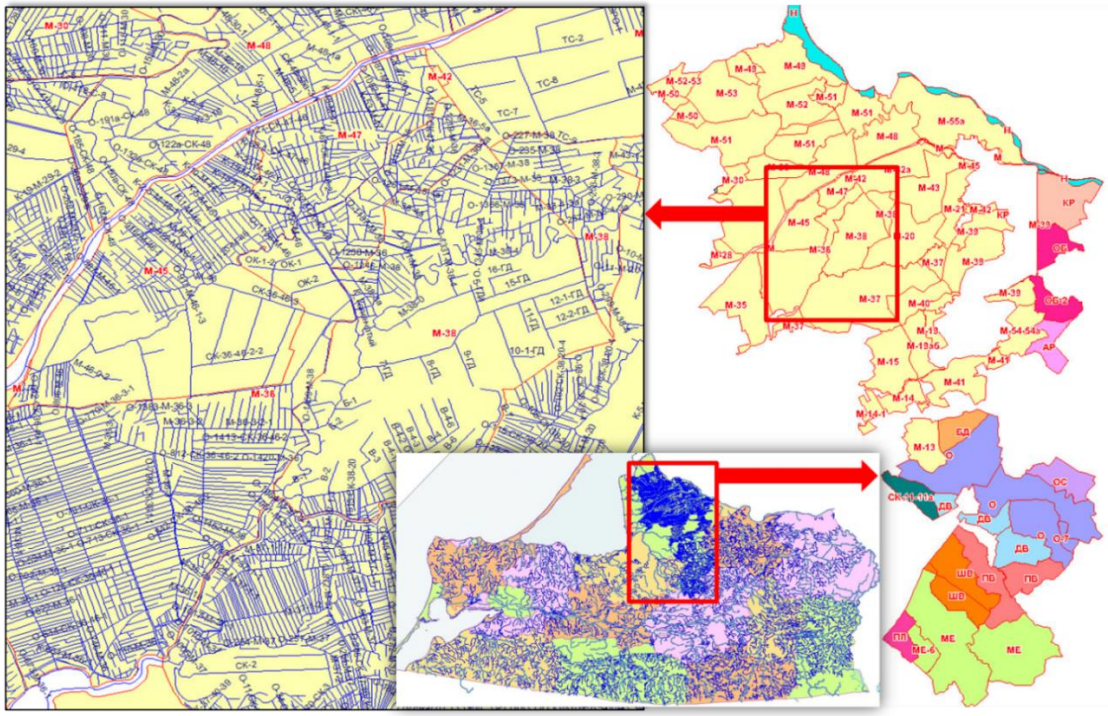

Рис. 4. Фрагмент карты мелиоративных систем Славского района
Fig. 4. Fragment of Slavsky district melioration systems map

Мелиоративные системы объединены по водосборам рек 2–3 порядка и распределены по гидрологическим бассейнам Калининградской области в границах районов выполнения работ (рис. 5).

Участки мелиоративных систем в границах административных районов распределены по типам осушения (рис. 6).

Атрибутивные данные по каждому слою содержат номер участка, тип осушения, к какой мелиоративной системе относится участок, его площадь и на территории какого хозяйства находится этот участок (рис. 7).

Компоновка карты участков мелиоративных систем и гидротехнических сооружений, подлежащих реконструкции и восстановлению, сформирована наложением слоя «Участки реконструкции» на карту земель по типам осушения. В атрибутике — номер участка, принадлежность к мелиоративной системе, площадь участка реконструкции, на территории какого хозяйства проведена реконструкция.

Карты мелиоративных систем и участков мелиорации по типам осушения в компоновке со слоем «Участки сданных мелиорированных земель» дают возможность делать количественный и качественный анализ объема и динамики возврата земель сельскохозяйственного назначения в действующий фонд. В атрибутивной таблице — номер, год ввода земель в эксплуатацию, площадь, принадлежность хозяйству и мелиоративной системе (рис. 8).

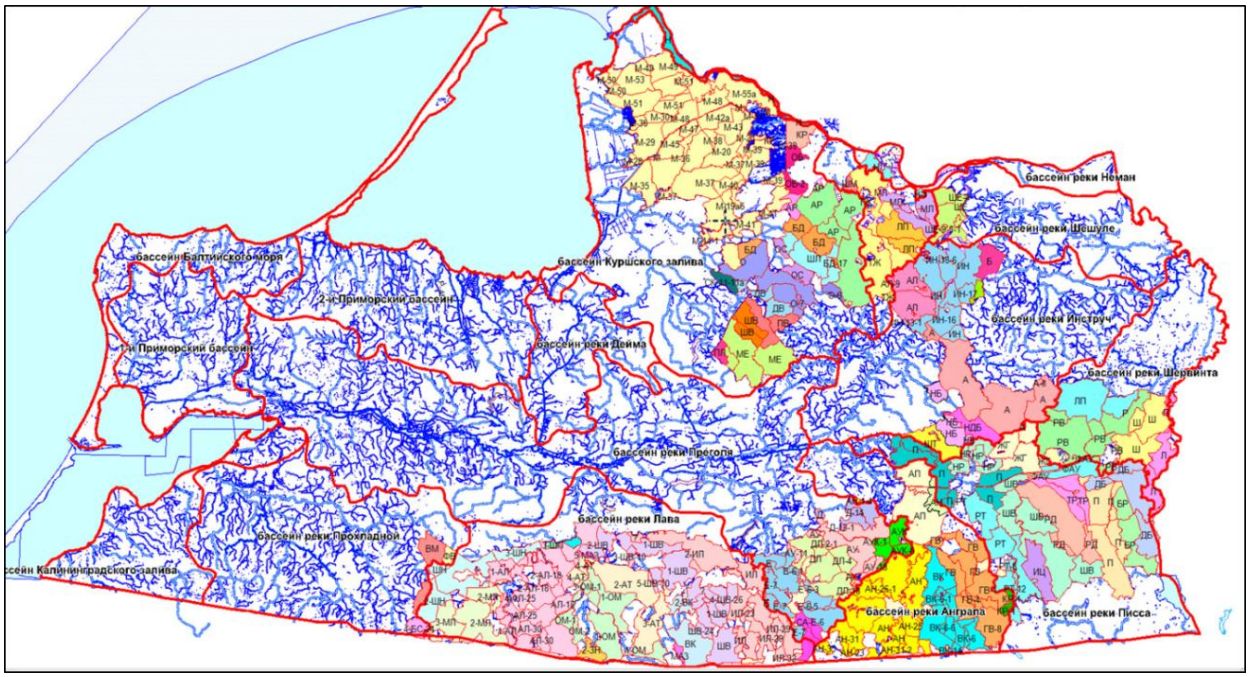

Рис. 5. Распределение мелиоративных систем по гидрологическим бассейнам в границах территории выполнения работ
Fig. 5. Distribution of meliorative systems in hydrological basins within of the work area

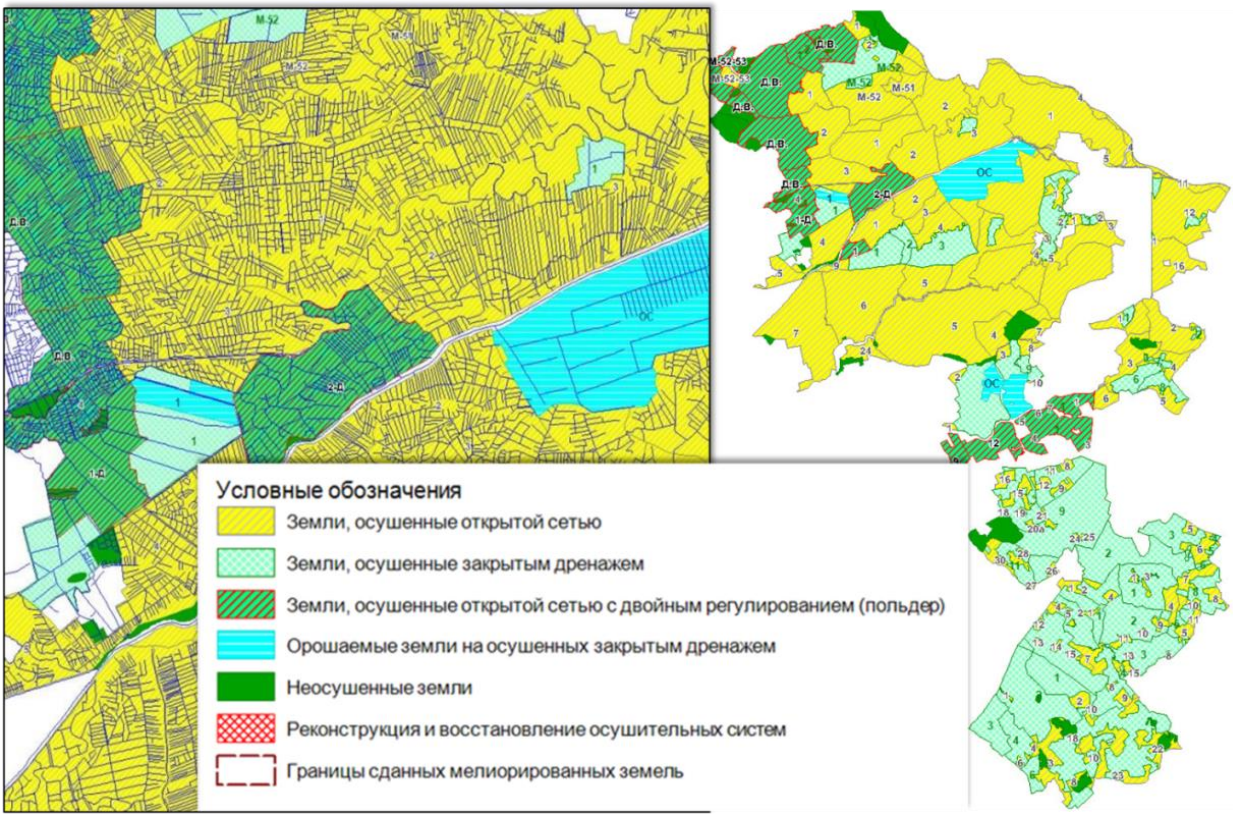

Рис. 6. Участки мелиоративных систем по типам осушения
Fig. 6. Meliorative plots by a drainage type

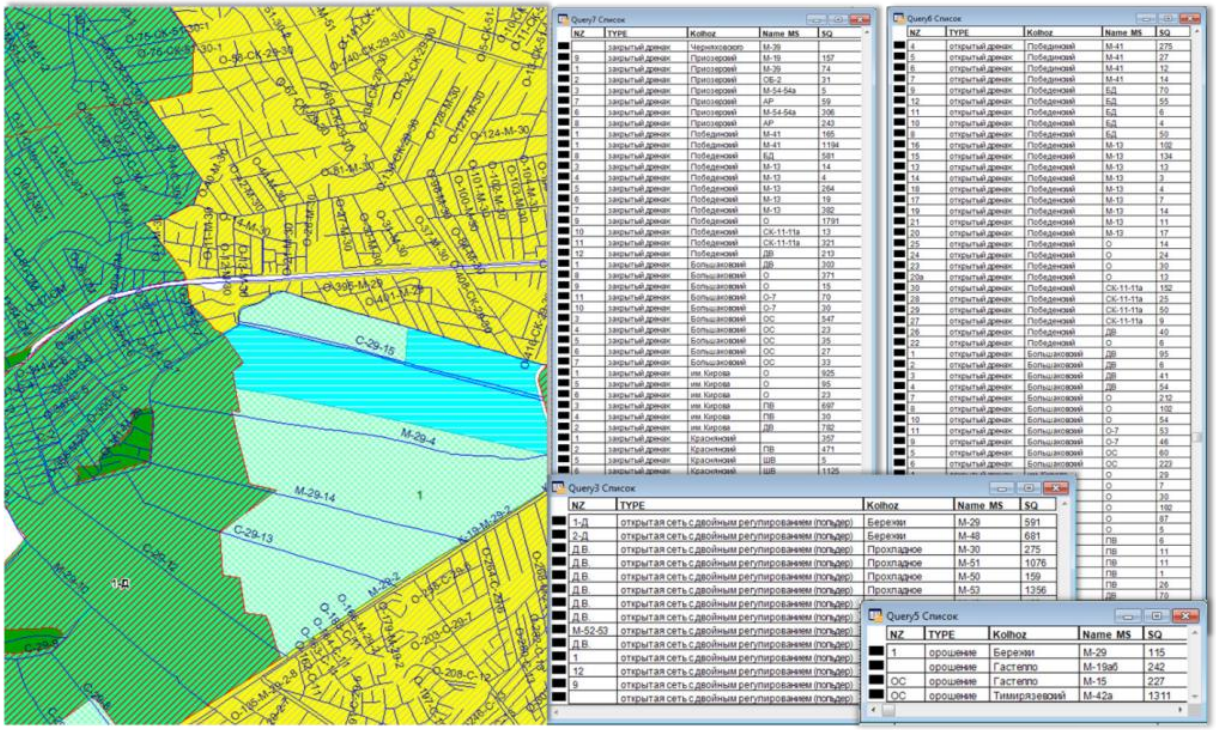

Рис. 7. Атрибутивные данные участков мелиоративных систем
Fig. 7. Attribute data of meliorative plots

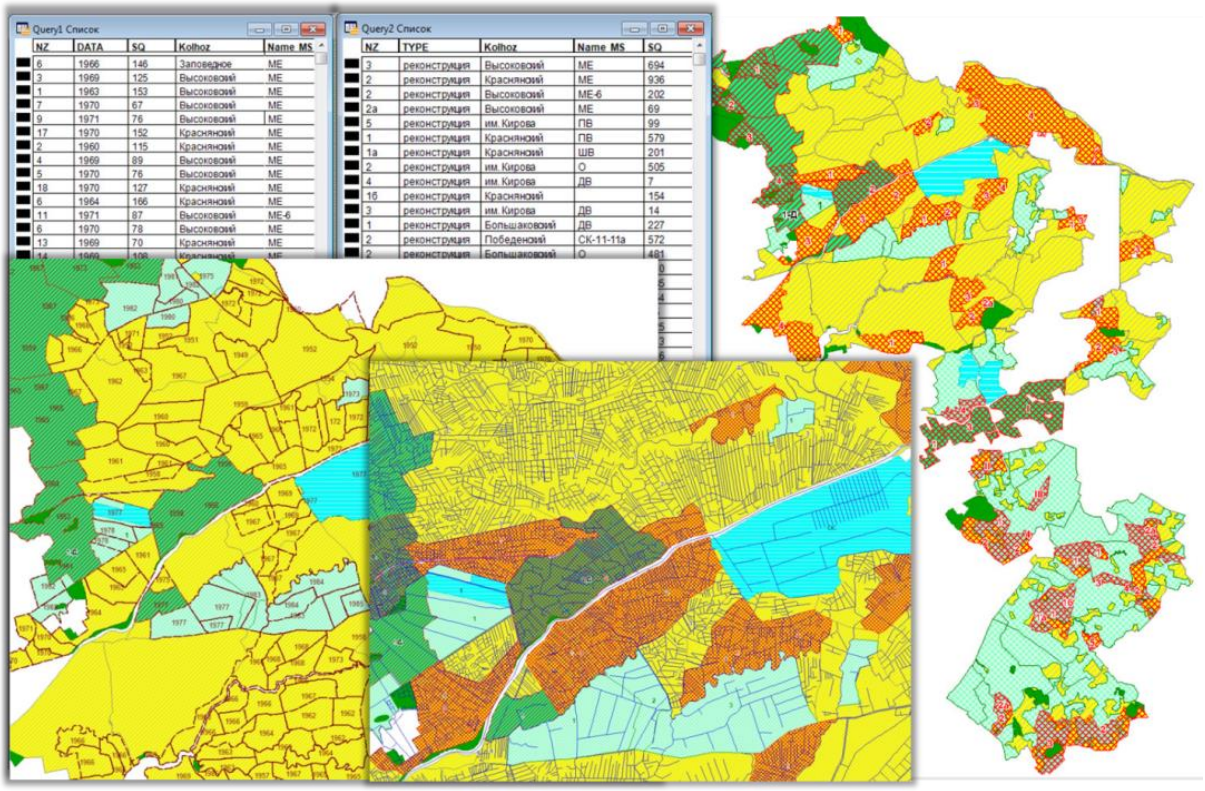

Рис. 8. Участки сданных мелиорированных земель.
Реконструкция и восстановление осушительных систем
Fig. 8. Returned plots of meliorated land.
Reconstruction and restoration of drainage systems

Отдельными слоями в геобазу внесены объекты капитального строительства мелиоративных систем и гидротехнические сооружения (дамбы, насосные станции, мосты, трубопереезды и регуляторы, дренажные устья и пр.) с соответствующей атрибутивной информацией. Для всех водотоков обозначено направление течения.

Пространственные данные и нормализованные перечни объектов имущества мелиоративных систем в границах выполнения работ подготовлены для внесения в АСУ сельскохозяйственных земель Калининградской области.

Для целевого пользователя АСУ сформирован следующий набор тематических карт в масштабе 1: 10 000:

- мелиоративные системы в границах административных округов муниципальных образований;
- мелиоративные системы в границах гидрологических бассейнов;
- участки мелиоративных систем по типам осушения;
- участки мелиоративных систем и гидротехнические сооружения, подлежащие реконструкции и восстановлению;
- участки сданных мелиорированных земель.

Тематические карты являются информационной основой ведения мониторинга осушенных земель и создания Дежурной карты мелиорации Калининградской области для принятия обоснованных эколого-экономических управленческих решений.

На основе введённых данных как на этапе формирования, так при дальнейшем использовании развивалась объединяющая их геобаза. Корректная форма организации позволила гибко формировать и развивать базы данных георeляционного, постреляционного и серверного характера для различных целей, а также для разработки перспективных систем. Первым вариантом была СУБД для АСУ СХЗ КО (АСУ «Сельское хозяйство Калининградской области») для обеспечения функций и бизнес-процессов целевой системы. На основе этой структуры было разработано хранилище геоданных (Geoserver), которое позволило создать Web-ресурс (геопортал «Мелиорация Калининградской области») с возможностью формирования по запросу тематических карт и аналитических сводок, с привлечением спутниковых снимков для актуализации информации. Пример обращения к геопорталу приведён на рис. 9.

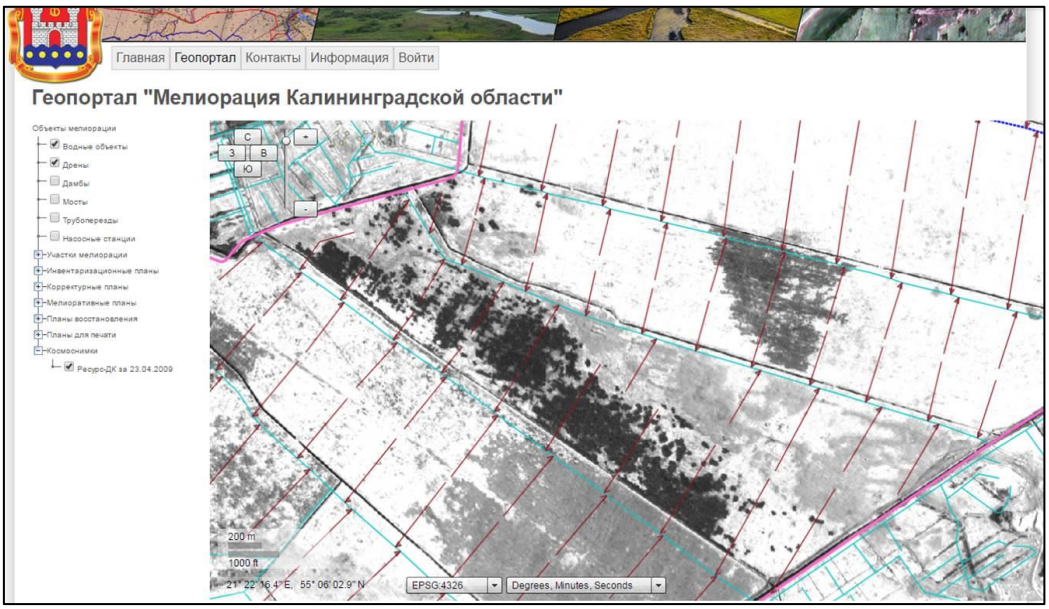

Рис. 9. Пример интерфейса геопортала «Мелиорация Калининградской области»
Fig. 9. Example of geoportal interface "Melioration of the Kaliningrad region"

Рассматривается проект гидрологического моделирования опасных и катастрофических явлений в различных мелиоративных подсистемах с поэтапной разработкой на основе MIKE FLOOD. Такая система предполагает введение детальных характеристик (батиметрию) каждого участка водотока, сбор которых для столь объёмной системы, как Калининградская, является чрезвычайно затратным. Но техногенный характер объектов сети даёт возможность с определённой погрешностью типизировать водотоки и их отдельные участки. Это позволит в относительно короткие сроки подготовить гидрологическую модель и осуществить первичное воспроизведение опасных и катастрофических происшествий. Такое моделирование позволит выявить критические зоны, где необходимо проводить более детальные исследования.

ВЫВОДЫ

Создание базы геоданных мелиоративных систем Калининградской области позволяет решить следующие задачи:

- формализовать и стандартизировать форматы исходных картографических и атрибутивных данных для внесения их в единую базу геоданных;
- повысить оперативность обработки и анализа информации о мелиоративных системах в локальном и региональном масштабах;
- осуществить возможность географической визуализации актуальной информации о состоянии мелиоративных систем;
- организовать единое информационное пространство в сфере управления мелиоративными системами Калининградской области;
- повысить качество и сократить сроки подготовки и принятия решений органов исполнительной власти по вопросам управления мелиорацией.
- провести поэтапные работы по моделированию опасных и катастрофических происшествий на основе гидрологического моделирования.

Для дальнейшего развития существующих автоматизированных систем и создания новых реализовано привлечение материалов дистанционного зондирования земной поверхности в целях мониторинга состояния мелиоративных систем, определения площадей и границ зон затоплений и подтоплений, контроля землепользования.

Необходимость трансграничного сотрудничества в области использования водных ресурсов и мелиоративных систем является решением проблемы согласованного управления такими объектами. Интеграция баз данных, создание единой системы оповещения об опасных природных явлениях, предупреждение экологических рисков, совместные программы по улучшению экологического состояния позволят избежать негативных последствий хозяйственной деятельности в бассейнах трансграничных рек.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бубер В.Б., Енакаева В.Р., Попова Н.М.* Создание цифровой базы данных (ЦБД) объектов мелиорации Нижней Волги. Мелиорация земель — неотъемлемая часть восстановления и развития АПК Нечерноземной зоны Российской Федерации. Материалы международной научно-практической конференции 24–25 октября 2018 г. М.: Изд-во ВНИИГиМ, 2019. С. 435−441.

2. *Исаева С.Д., Бондарик И.Г.* Использование опыта эксплуатации дренажа в странах Балтии для развития Нечернозёмной зоны России. Мелиорация земель — неотъемлемая часть восстановления и развития АПК Нечернозёмной зоны Российской Федерации. Материалы международной научно-практической конференции 24−25 октября 2018 г. М.: Изд-во ВНИИГиМ, 2019. С. 66−69.

3. *Халин В.Г., Чернова Г.В.* Цифровизация и её влияние на российскую экономику и общество: преимущества, вызовы, угрозы и риски. Власть и экономика. Управленческое консультирование, 2018. № 10. С. 46−63. DOI 10.22394/1726-1139-2018-10-46-63.

4. *Ritzema H.P., Stuyt L.C.P.M.* Land drainage strategies to cope with climate change in the Netherlands. Acta Agriculturae Scandinavica. Section B. Soil & Plant Science, 2015. V. 65. Sup1. P. 80−92. DOI: 10.1080/09064710.2014.994557.
5. *Smedema L.K.* Drainage development: Driving forces, conducive conditions and development trajectories. Irrigation and Drainage, 2011. No 60. P. 654−659.
6. *Sojka M., Kozłowski M., Stasik R., Napierała M., Kesicka B., Wrózynski R., Jaskuła J., Liberacki D., Bykowski J.* Sustainable water management in agriculture — The impact of drainage water management on groundwater table dynamics and subsurface outflow. Sustainability, 2019. No 11. P. 4201. DOI: 10.3390/su11154201.
7. *Suligowski Z., Nawrot N.* The consequences of applying a new Polish Water Law Act for protection against urban flooding. Infraeko 2018, E3S Web of Conferences, 2018. DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184500093.

REFERENCES

1. *Buber V.B., Enakaeva V.R., Popova N.M.* Creation of a digital database (CDB) of objects of melioration of the Lower Volga. Land melioration is an integral part of the restoration and development of the agro-industrial complex of the Non-Black Earth zone of the Russian Federation. Proceedings of the International scientific-practical conference, October 24−25 2018. Moscow: Publishing House of Russian Research Institute of Hydrotechnics and Melioration, 2019. P. 435−441 (in Russian).
2. *Isayeva S.D., Bondarik I.G.* Using the experience of operating drainage in the Baltic countries for the development of the Non-Black Earth Zone of Russia. Land melioration is an integral part of the restoration and development of the agro-industrial complex of the Non-Black Earth zone of the Russian Federation. Proceedings of the International scientific-practical conference, October 24−25 2018. Moscow: Publishing House of Russian Research Institute of Hydrotechnics and Melioration, 2019. P. 66−69 (in Russian).
3. *Khalin V.G., Chernova G.V.* Digitalization and its impact on the Russian economy and society: advantages, challenges, threats and risks. Power and Economics. Management consulting, 2018. No 10. P. 46−63. DOI 10.22394/1726-1139-2018-10-46-63 (in Russian).
4. *Ritzema H.P., Stuyt L.C.P.M.* Land drainage strategies to cope with climate change in the Netherlands. Acta Agriculturae Scandinavica. Section B. Soil & Plant Science, 2015. V. 65. Sup1. P. 80−92. DOI: 10.1080/09064710.2014.994557.
5. *Smedema L.K.* Drainage development: Driving forces, conducive conditions and development trajectories. Irrigation and Drainage, 2011. No 60. P. 654−659.
6. *Sojka M., Kozłowski M., Stasik R., Napierała M., Kesicka B., Wrózynski R., Jaskuła J., Liberacki D., Bykowski J.* Sustainable water management in agriculture — The impact of drainage water management on groundwater table dynamics and subsurface outflow. Sustainability, 2019. No 11. P. 4201. DOI: 10.3390/su11154201.
7. *Suligowski Z., Nawrot N.* The consequences of applying a new Polish Water Law Act for protection against urban flooding. Infraeko 2018, E3S Web of Conferences, 2018. DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184500093.