

Природно-мелиоративный мониторинг земель сельскохозяйственного назначения – основа экологически безопасного землепользования на северо-западе России

Natural Melioration Monitoring of Agricultural Lands as a Foundation for Environmentally Safe Land Use in North-West Russia

Осипов / Osipov A.

Алексей Георгиевич

(zoyaks@yandex.ru)

кандидат географических наук.

ФГКВОУ ВО «Военно-космическая академия

имени А. Ф. Можайского» МО РФ,

доцент кафедры картографии.

г. Санкт-Петербург

Гарманов / Garmanov V.

Виталий Валентинович

(garmanovv@mail.ru)

кандидат экономических наук.

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный

аграрный университет»,

доцент кафедры земельных отношений и кадастра.

г. Санкт-Петербург

Ключевые слова: мелиорированные земли – meliorated lands; природно-мелиоративный мониторинг – natural melioration monitoring; рациональное природопользование – natural resource management; геоинформационное обеспечение – geoinformation provision; северо-запад России – North-West Russia.

Рассматривается авторский подход к организации природно-мелиоративного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения на северо-западе России. Приводится концептуальная модель его геоинформационного обеспечения.

Author's approach is presented to organizing natural melioration monitoring of agricultural land in North-West Russia. A conceptual model is offered of its geoinformation provisions.

В рамках Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы, утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 14 июля 2012 г. № 717, к основным приоритетам государственной политики в сфере развития аграрного производства относится мелиорация земель сельскохозяйственного назначения. При этом в условиях глобальных изменений климата, из всех видов мелиорации важнейшее значение для обеспечения устойчивости производства растительной сельскохозяйственной продукции приобретает водная мелиорация, включающая в себя орошение и осушение земель. Однако имеющаяся сегодня в России площадь мелио-

рированных земель, доля которых составляет менее 10% от площади сельскохозяйственных угодий и 7,9% от площади пашни, и их состояние не могут оказать решающего влияния на нейтрализацию риска неблагоприятных погодных условий и обеспечение населения страны продовольствием. В результате чего в 2010 году из-за аномальных климатических условий производство зерновых культур снизилось на 35%, страна потеряла почти 15 млн. тонн зерна, 36 млн. тонн кормовых единиц кормов, 1,9 млн. тонн овощей [11].

Например, в Ленинградской области площадь мелиорированных сельскохозяйственных земель, нуждающихся в улучшении, достигла 175 тысяч гектаров, то есть половины всей площади объектов мелиорации. При этом почти треть мелиорированных земель области находится в неудовлетворительном состоянии. Это является одной из главных причин, по которым около 40 тысяч гектаров мелиорированных земель сегодня не используется в сельскохозяйственном производстве.

Без профилактических мероприятий площади сельскохозяйственных угодий, нуждающихся в техническом усовершенствовании или реконструкции мелиоративных систем, будут активно возрастать. Более того, планирование и осуществление любых агротехнических и агрохимических мероприятий на таких землях окажутся бесполезными.

Важная роль по повышению эффективности использования мелиорированных земель сельскохозяйственного назначения принадлежит природно-мелиоративному мониторингу, призванному осуществлять систематические наблюдения за мелиорированными сельскохозяй-

ственными угодьями и гидротехническими сооружениями, давать оценку и прогноз их состояния, выявлять характер изменений и в зависимости от сложившейся ситуации разрабатывать мероприятия по снижению негативных воздействий.

Природно-мелиоративный мониторинг земель сельскохозяйственного назначения является частью Единого Государственного экологического мониторинга. Он направлен на создание высокоэффективных, экологически сбалансированных агроценозов на основе оптимального использования и расширенного воспроизводства природно-ресурсного потенциала мелиорированных земель.

В данной работе под природно-мелиоративным мониторингом земель сельскохозяйственного назначения авторы понимают систему принятия стратегических решений по производству растительной сельскохозяйственной продукции на мелиорированных землях на основе наблюдения, оценки и прогноза их состояния [4, 5]. Таким образом, по мнению авторов, природно-мелиоративный мониторинг земель сельскохозяйственного назначения направлен на обоснование действий в области оптимизации средств и методов рационального природопользования.

Структурно-логическая схема природно-мелиоративного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения представлена на рис. 1.

Кратко рассмотрим ее основные блоки.

Блок 1. Выбор объектов мониторинга. На первом этапе формирования природно-мелиоративного мониторинга необходимо определить объекты исследования. В предлагаемом подходе под объектами исследования будем понимать сельскохозяйственные угодья, требующие

изменения водно-воздушных свойств почв. При этом учитываются три вида мелиорации: осушительные, оросительные и увлажнительно-осушительные (водоборотные). Однако большие площади мелиорированных земель, различия в природно-климатических, экономических и социальных условиях землепользования требуют ограничить перечень объектов мониторинга как по количеству, так и по географии. Исходя из этого, данный подход разработан для осушаемых земель, расположенных на северо-западе России.

Началу региональных работ по природно-мелиоративному мониторингу земель сельскохозяйственного назначения предшествует изучение мелиоративного фонда, выявление в пределах гумидных ландшафтов объектов мелиорации с наиболее типичными литолого-геоморфологическими условиями и структурой почвенного покрова, проведение базовых исследований, определение границ экстраполяции данных мониторинга для выбранного объекта. Под базовыми исследованиями понимается всестороннее изучение как объекта мелиорации, так и связанных с ними компонентами окружающей среды (почв, растительности, почвообразующих и подстилающих пород, истории использования объекта и т.д.), это позволяет получить исходную информацию, обеспечивающую возможность интерпретации данных мониторинга и выявление наиболее информативных параметров слежения.

Для условий северо-запада России количество объектов природно-мелиоративного мониторинга определяется разнообразием ландшафтов, в которых мелиорировано (преимущественно осушено) в среднем более 40% сельхозугодий. Такими ландшафтами являются: озерно-ледниковые и древне-озерные равнины с преоблада-



Рис. 1. Структурно-логическая схема природно-мелиоративного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения

нием тяжело-суглинистых и глинистых почвообразующих пород, моренные равнины с преобладанием суглинистых и супесчаных пород, зандровые равнины. Самостоятельного изучения требуют объекты мелиорации, расположенные в моренных ландшафтах на известняковых плато, в сельговых и холмисто-моренных ландшафтах, а также в пределах крупных болотных массивов [2].

Исходя из того, что, по мнению авторов, природно-мелиоративный мониторинг направлен на оценку не только мелиорированных территорий, но и территорий, нуждающихся в мелиорации, можно выделить три основные группы объектов мониторинга:

1) осушаемые земли с регулируемым водно-воздушным режимом. Разбивать их на классы нецелесообразно, т.к. их природные свойства сильно трансформируются под воздействием гидротехнических систем;

2) переувлажненные земли, нуждающиеся в мелиорации. Их классификация разработана достаточно хорошо. Однако большое количество классов объектов затрудняет функционирование мониторинга. Поэтому предлагается выбрать следующие категории земель и считать их целостными объектами: пойменные сезонно-переувлажненные; заболоченные различной степени оглеения; луговые; болота;

3) богарные земли с почвами наивысшего для исследуемой территории бонитета, используемые в качестве эталонов при оценке степени изменения почвенных свойств под воздействием мелиорации.

Исходя из того, что природно-мелиоративный мониторинг земель сельскохозяйственного назначения направлен, в том числе и на повышение экономической сельскохозяйственного землепользования, а также учитывая источники финансирования работ, землепользования, целесообразно территориальной единицей мониторинга выбирать административные районы, а не географические объекты. Поэтому и эталоны сравнения свойств почв необходимо определять в рамках административных образований в зависимости от масштаба мониторинга [6].

Блок 2. Учет объектов мониторинга. Важность данного блока определяется тем, что на основе учитываемых признаков объектов в дальнейшем строится вся система оценки. При этом надо выбрать необходимый минимум учитываемых признаков, чтобы, с одной стороны, не загромоздить систему оценки, а с другой – добиться оптимальной степени детальности мониторинга.

Предлагается следующая схема учета объектов мониторинга. На каждый объект заполняются учетные карты (бланки), которые являются информационной базой объекта. Каждый объект характеризуется следующей информацией: 1) общие сведения об объекте; 2) сведения о почвенном покрове; 3) сведения о климатических и геоморфологических условиях; 4) сведения о техническом состоянии объекта; 5) сведения о сельскохозяйственном освоении объекта.

Например, в карту общих сведений об объекте заносится следующая информация: основные данные о положении объекта, его владельцах, авторах проекта и подрядчиках при строительстве осушительной сети (в случае осушаемых объектов), площади, причинах переувлажнения и разделении на основные почвенные контуры избыточного увлажнения. В данном случае информация об авторах проекта и подрядчиках нужна для определения источников технических материалов по объекту осушения. Для повышения стройности и конкретизации базы данных в некоторых полях вводимой информации предлагается выбор из регламентируемого списка.

Блок 3. Оценка состояния объектов мониторинга. Она складывается из трех составных частей: природно-производительной, технической и экономической. При разработке природно-производительной оценки целесообразно руководствоваться «Техническими указаниями по государственной кадастровой оценке сельскохозяйственных угодий в субъекте Российской Федерации», не создавая своей дублирующей методики. Кадастровая оценка направлена на анализ производительного потенциала сельхозугодий, определяемого природными свойствами почв. При этом для каждого почвенного контура рассчитываются:

- балл бонитета почвы;
- балл энергоемкости;
- интегральный показатель технологических свойств земель;
- интегральный показатель местоположения объекта оценки.

При оценке мелиоративных территорий, где почвенные контуры сильно изменяются и их границы размываются, предлагается находить средневзвешенные значения поконтурных оценок, позволяющие оценивать мелиоративный объект как единое целое.

Кроме природно-производительного потенциала почв на мелиоративных землях необходимо определить характеристики рабочего состояния технических систем. Они могут быть описаны следующими показателями:

- эффективностью работы мелиоративных систем;
- техническим состоянием мелиоративных систем.

Общепринятых подходов для нахождения критериев оценки еще нет, и они требуют своей разработки.

Результаты обследования мелиоративных земель ложатся в основу стоимостной оценки. Базовым показателем этой оценки является дифференциальный рентный доход, рассчитанный по бонитету почв, по технологическим свойствам почв, по местонахождению объекта оценки. Кроме того, на значение дифференциального рентного дохода влияют затраты на реконструкцию (если потребуется) и эксплуатацию гидротехнических систем.

По результатам проведенных оценок рассчитывается кадастровая оценка земель, лежащая в основу дальнейшего анализа возможных путей землепользования на мелиоративных землях.

Кроме технико-экономических показателей состояния объекта мониторинга необходимо учитывать его экологическое состояние [9]. Основными показателями экологической оценки должны быть:

- экологическая устойчивость ландшафта;
- природно-антропогенная емкость территории;
- степень экологического риска при интенсификации систем землепользования;
- уровень экологической безопасности объекта оценки.

Они определяются через изучение прямых и обратных связей внутри и между объектами мониторинга, анализ форм и интенсивности переноса вещества и энергии в природно-антропогенных системах, моделировании приходно-расходных статей гидрохимического баланса ландшафтов.

Блок 4. Моделирование систем управления землепользованием на мелиорированных землях. Результаты оценки состояния объектов мониторинга позволяют проводить математическое моделирование различных вариантов использования мелиорированных земель с экономическим анализом их эффективности, что дает возможность перейти к реализации конечного этапа природно-мелиоративного мониторинга – выбору стратегии землепользования.

Блок 5. Принятие решения по стратегии землепользования на мелиорированных землях. По результатам моделирования могут быть приняты следующие решения:

1) если мелиоративная система позволяет получать высокую урожайность сельскохозяйственных культур, она при необходимости должна быть реконструирована или частично восстановлена;

2) если по техническим соображениям реконструкция невозможна или по экономическим причинам нецелесообразна, но мелиоративный потенциал почв высок, должны применяться альтернативные способы мелиорации: отвод поверхностного стока, ограждение участка от паводковых вод, глубокое рыхление, выборочный вертикальный дренаж и др. Кроме этого, повысить урожайность можно и немелиоративными методами: правильная агротехника, подбор системы удобрений и т.д.;

3) если при соблюдении всех условий мелиоративные земли в сельскохозяйственном отношении являются убыточными, необходимо проводить их хозяйственное перепрофилирование.

Исходя из вышесказанного, предлагается следующая классификация земель мелиоративного фонда:

- земли, пригодные для дальнейшего сельскохозяйственного использования при существующих технологиях выращивания растений. Это автоморфные или полугидроморфные почвы с нулевым или положительным балансом органического вещества;

- земли, пригодные для дальнейшего сельскохозяйственного использования при условии интенсификации агрохимических и агротехнических приемов повышения плодородия. Это автоморфные или полу-

гидроморфные почвы с регулируемым уровнем грунтовых вод и водным балансом и отрицательным балансом органического вещества;

- земли, пригодные для дальнейшего сельскохозяйственного использования, требующие реконструкции мелиоративной системы с условием 10-летней окупаемости. Полугидроморфные почвы с достаточными запасами органического вещества, способные давать высокие урожаи при условии регулирования водного баланса;

- земли, пригодные для дальнейшего сельскохозяйственного использования без реконструкции существующей мелиоративной системы, но требующие регулирования отдельных статей водного баланса. Это полугидроморфные или гидроморфные почвы поверхностного переувлажнения с затрудненным внутрипочвенным стоком (чаще всего слоистые почвы);

- земли, пригодные для дальнейшего сельскохозяйственного использования, но не земледельческого направления. Полугидроморфные и гидроморфные почвы с затрудненными условиями обработки: пересеченный рельеф, пойменные земли, каменистые почвы. Пригодны для использования под пастбища и выпас личного скота;

- земли, не пригодные для дальнейшего сельскохозяйственного использования, но находящиеся в рекреационных зонах или местах, удобных для их создания. Почвы различного уровня гидроморфности с низким уровнем плодородия в условиях разнообразия эколого-географических формаций;

- нарушенные земли, непригодные для сельскохозяйственного использования. Это сработанные торфяники, эродированные земли, загрязненные территории. Возможна их эксплуатация только при условии интенсивной рекультивации.

Приведенная классификация может стать базой для выработки решений по направлению использования мелиоративных земель.

В настоящее время в основу мониторинговых систем любого тематического содержания закладываются ГИС-технологии, которые служат мощным средством преобразования разнообразных геопространственных данных. Инструментом реализации ГИС-технологий являются геоинформационные системы, использующие различные базы данных. ГИС объединяют в себе как данные обычной (цифровой) информации, так и геопространственные данные. В связи с большим значением экспертных задач, решаемых при помощи ГИС, возрастает роль экспертных систем, входящих в их состав. Как средство моделирования ГИС используют максимальное количество методов и процессов, применяемых в других автоматизированных системах [1, 2, 3, 7, 8, 10].

На рис. 2 приведена разработанная авторами концептуальная модель ГИС «Природно-мелиоративный мониторинг земель сельскохозяйственного назначения» (ГИС ПММЗСН). Предлагаемая модель состоит из трех основных подсистем:

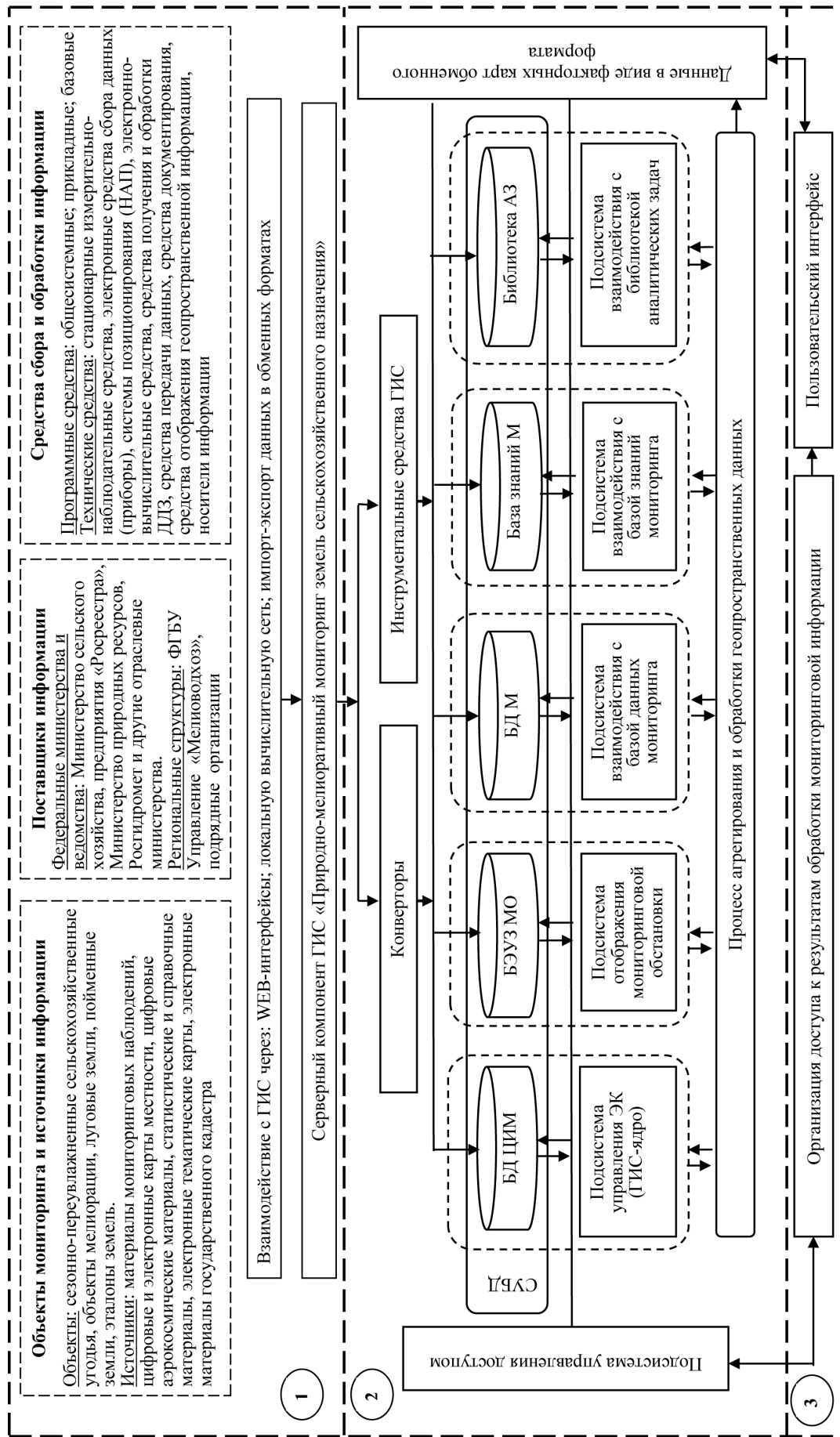


Рис. 2. Концептуальная модель ГИС «Природно-мелиоративный мониторинг земель сельскохозяйственного назначения»

1) подсистема информационного обеспечения, характеризующая процесс получения геопространственных данных, необходимых для функционирования ГИС ПММЗСН;

2) подсистема обработки геопространственных данных, характеризующая процесс автоматизированного и интерактивного преобразования координатно-временной мониторинговой информации, в соответствии с запросами пользователей и с необходимостью ее представления в удобном для них виде;

3) подсистема доступа к информационным ресурсам ГИС ПММЗСН, характеризующая процесс получения потребителями информационных ресурсов обработанной мониторинговой информации.

Кратко рассмотрим особенности каждой из перечисленных подсистем.

1. Подсистема информационного обеспечения. В ней рассматриваются объекты мониторинга, источники получения мониторинговой информации, необходимой для функционирования ГИС ПММЗСН, ее поставщики, а также средства ее сбора и предварительной обработки. Предполагается, что в состав исходной информации будет входить весь спектр мониторинговых данных, определяющих пространственное положение объектов мониторинга с их количественными и качественными характеристиками.

Источниками мониторинговой информации служат все доступные данные, в том числе цифровые и электронные карты, всевозможные специальные карты и схемы (административные, геоморфологические, гидрогеологические, географические, ботанические, гидрологические, землеустроительные, агрономические, почвенно-мелиоративные), данные дистанционного зондирования Земли, данные обследования и инвентаризации объектов мониторинга (название, год строительства, географо-административное положение, площадь, севооборот, владелец, автор проекта, водоприемники 1, 2, 3-го порядков, объем поверхностного и дренажного стока, спецификация гидротехнических сооружений, стоимость строительства, планируемая урожайность, планируемая окупаемость) и т.д. Поставщиками мониторинговой информации являются федеральные министерства и ведомства, использующие в своей работе данные о местности и расположенных на ней мелиоративных объектах, а также региональные структуры, обеспечивающие функционирование объектов мониторинга. В первую очередь поставщиками такой информации будут Министерство сельского хозяйства, предприятия «Росреестра», Министерство природных ресурсов, Росгидромет и другие отраслевые министерства.

После того как состав исходной информации сформирован, возникнет проблема приведения разнородных данных к единой координатной основе.

Кроме обозначенной проблемы актуальными являются задачи корректного совмещения всех форматов представления геопространственной информации и

перехода к единому внутреннему формату, установленному для разрабатываемой геоинформационной системы.

Представляется, что актуальной задачей станет и фильтрация исходных мониторинговых данных. Дело в том, что информация об одних и тех же объектах мониторинга может содержаться в различных специальных материалах, предоставляемых министерствами и ведомствами. При этом ее точность и детализация могут существенно различаться. Отсюда возникает проблема выделения из имеющихся исходных массивов наиболее качественной по точности и наиболее подробной по содержанию информации.

2. Подсистема обработки мониторинговых данных. Она включает в себя пять основных элементов: 1) элемент управления электронными картами (ГИС-ядро); 2) элемент отображения мониторинговой обстановки; 3) элемент взаимодействия с базой данных мониторинга; 4) элемент взаимодействия с базой знаний мониторинга; 5) элемент взаимодействия с библиотекой аналитических задач, решаемых при обработке мониторинговых данных.

Кратко рассмотрим основные функции каждого элемента данной подсистемы [1, 4].

Элемент управления электронными картами (ГИС-ядро). Он осуществляет связь с базой данных цифровой информации о местности (БД ЦИМ) и обеспечивает выполнение следующих функций:

- управления отображением электронных карт в заданных масштабах, системе координат, картографической проекции, по заданным критериям отображения, в соответствии с требованиями информационно-картографического обеспечения;
- поиска объектов мониторинга по заданным критериям;
- ведения классификатора цифровой информации о местности;
- реализации расчетных функций картографической алгебры, аналитических и геометрических функций;
- сохранения цифровой информации о местности и объектах мониторинга во внутреннем формате ГИС ПММЗСН или с использованием картографического конвертора цифровой информации о местности в обменном формате;
- получения твердых копий цифровой информации о местности и объектах мониторинга.

Элемент отображения мониторинговой обстановки. Он осуществляет связь с библиотекой электронных условных знаков мониторинговой обстановки (БЭУЗ МО) и обеспечивает выполнение следующих функций:

- поддержки библиотеки условных знаков мониторинговой обстановки, соответствующей предметной области ГИС ПММЗСН;
- поддержки правил нанесения мониторинговой обстановки в соответствии с предметной областью ГИС ПММЗСН;

- формирования в интерактивном режиме мониторинговой обстановки на электронной карте;

- формирования в автоматическом режиме мониторинговой обстановки на электронной карте в заданной системе условных знаков по информации, имеющейся в базе данных мониторинга;

- отображения мониторинговой обстановки, нанесенной на электронную карту.

Элемент взаимодействия с базой данных мониторинга. Он осуществляет связь с базой данных мониторинга и обеспечивает выполнение следующих функций:

- взаимодействия ГИС ПММЗСН с базой данных мониторинга через программные интерфейсы;

- просмотра, редактирования, добавления записей и разделов тематической информации в базе данных мониторинга;

- формирования и выполнения запросов данных, необходимых для принятия решений должностными лицами по стратегии землепользования на мелиорированных землях;

- нанесения мониторинговой обстановки на электронные карты;

- графического отображения результатов решения аналитических задач и моделирования;

- выполнения запросов и получения справочной атрибутивной информации об объектах мониторинга из базы данных мониторинговой обстановки.

Элемент взаимодействия с базой знаний мониторинга. Он осуществляет связь с базой знаний мониторинга и обеспечивает выполнение следующих функций:

- поддержания в актуальном состоянии знаний, необходимых для решения аналитических задач в среде ГИС ПММЗСН и построения моделей;

- формирования новых знаний о предметной области;

- формирования запросов к базе знаний на получение справочной информации, необходимой для принятия решений должностными лицами по стратегии землепользования на мелиорированных землях.

Элемент взаимодействия с библиотекой аналитических задач. Он с библиотекой аналитических задач и обеспечивает выполнение следующих функций:

- запуска и решения аналитических задач в среде ГИС ПММЗСН;

- получения и отображения результатов решения аналитических задач и моделирования на электронных картах;

- использования функций ГИС-ядра при работе с цифровой информацией о местности;

- использования мониторинговой информации при решении аналитических задач и моделировании;

- сохранения результатов решения аналитических задач и моделирования в базе данных мониторинга.

3. Подсистема доступа к информационным ресурсам ГИС ПММЗСН. Она включает в себя два элемента: элемент управления доступом и поль-

зовательский интерфейс. Кратко рассмотрим их основные функции.

Элемент управления доступом. Он обеспечивает выполнение следующих функций:

- аутентификации пользователей и проверка их прав и полномочий на работу с информационными ресурсами ГИС ПММЗСН;

- разграничения доступа к информационным ресурсам ГИС ПММЗСН;

- индивидуальной настройки параметров для каждого пользователя (должностного лица).

Пользовательский интерфейс. Он обеспечивает выполнение следующих функций:

- наглядности использования предметной области, принятой для решения аналитических задач и моделирования;

- обязательного использования русского языка при обозначении и названии пунктов меню, элементов управления, инструментальных панелей, диалоговых окон при выдаче служебных, предупреждающих, информирующих, управляющих или справочных сообщений;

- информирования оператора о результатах контроля правильности его действий и предупреждения о возможных ошибках оператора или сбое программного обеспечения в результате его некорректных действий;

- подключения оператора к справочной системе ГИС ПММЗСН путем интерактивного вызова электронных инструкций и контекстно-зависимых справок о тех или иных возможностях ГИС, необходимых для решения поставленной задачи, а также путем применения «всплывающих» подсказок;

- возможности настройки оператором необходимой конфигурации элементов пользовательского интерфейса для более эффективного решения той или иной аналитической задачи.

Практическая реализация рассмотренной выше концептуальной модели ГИС ПММЗСН обеспечит предоставление потребителям геоинформационных ресурсов всей информации, необходимой для принятия должностными лицами решений по стратегии землепользования на мелиорированных землях. Отличительной особенностью ГИС ПММЗСН станет дифференцированность предоставления мониторинговых данных для различных звеньев управления. Иначе говоря, тот или иной орган управления будет обеспечиваться только тем комплектом мониторинговых данных, который необходим и достаточен для решения задач по предназначению.

В современных ГИС наиболее востребованы и наименее разработаны функции решения аналитических задач и моделирования, поэтому содержание библиотеки аналитических задач и базы знаний ГИС ПММЗСН должно оперативно обновляться по мере получения новых и/или более точных и детальных алгоритмов обработки мониторинговой информации.

Практическая реализация разработанных авторами подходов к организации природно-мелиоративного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения включает в себя следующие этапы:

1. Согласование общей концепции мониторинга, его конечных целей и структурно-функциональной схемы, формирование коллектива исполнителей.

2. Сбор необходимой входной информации.

3. Обследование изучаемых территорий.

4. Создание оболочки ГИС «Природно-мелиоративный мониторинг земель сельскохозяйственного назначения».

5. Формирование системы решения аналитических задач и имитационного моделирования.

6. Информационное наполнение базы данных ГИС ПММЗСН.

7. Создание сервисной оболочки мониторинга.

8. Разработка регламентов обновления информации о состоянии природно-мелиоративных объектов.

Представленные этапы не разбиты по времени – их реализация может идти параллельно при четкой организации работы и согласованного распределения обязанностей.

Литература

1. Мониторинг мелиорируемых земель на основе геоинформационных технологий / Н.В. Арефьев [и др.] // Мелиорация и водное хозяйство. – 1998. – № 5. – С. 41–43.

2. Арефьев, Н. В. Бассейново-ландшафтный подход к организации экологического мониторинга гидроэнергокомплексов на основе геоинформационных технологий / Н.В. Арефьев, В.Л. Баденко, Г.К. Осипов // Гидротехническое строительство. – 1998. – № 11. – С. 25–27.

3. Арефьев, Н. В. Информационное обеспечение управления комплексным природопользованием / Н.В. Арефьев, В.Л. Баденко, Г.К. Осипов // Региональные аспекты теории и практики природопользования. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2000. – С. 40–68.

4. Арефьев, Н. В. Ландшафтно-экологическое районирование и мониторинг Северо-запада России / Н.В. Арефьев, В.В. Гарманов, А.Г. Осипов // Научно-технические ведомости СПбГТУ. – 2003. – № 2 (32). – С. 58–65.

5. Ландшафтно-экологическое районирование и мониторинг земель Ленинградской области / Н.В. Арефьев [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2013. – № 11. – С. 303–311.

6. Научно-методические основы эколого-экономической оптимизации сельскохозяйственного землепользования / В.В. Гарманов [и др.] // Экономика природопользования. – 2015. – № 3. – С. 43–59.

7. Карманов, Д. В. Метод автоматизированного формирования системы пространственно-распределенных трасс линейно-протяженных объектов на неосвоенных или малоосвоенных территориях с использованием геоинформационных технологий / Д.В. Карманов, А.Г. Осипов // Информация и Космос. – 2013. – № 4. – С. 96–100.

8. Осипов, А. Г. Методика комплексной оценки оперативно-тактических свойств местности в системах поддержки принятия решений с использованием геоинформационных технологий / А.Г. Осипов, А.Н. Ефимов // Труды Военно-космической академии имени А. Ф. Можайского – 2014. – № 642. – С. 102–109.

9. Осипов, А. Г. Научно-методические основы определения экологически допустимого уровня освоения природных ландшафтов при создании природно-аграрных систем / А.Г. Осипов, В.Г. Тимофеев // Информация и Космос. – 2015. – № 2. – С. 85–95.

10. Присяжнюк, С. П. Геоинформационные системы военного назначения / С.П. Присяжнюк, В.Н. Филатов, С.П. Федоренков; Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2009. – 210 с.

11. Распоряжение Правительства РФ от 22 января 2013 г. № 37-р. О Концепции федеральной целевой программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы».