

Государственный комитет по имуществу Республики Беларусь

РЕСПУБЛИКАНСКОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ

«ПРОЕКТНЫЙ ИНСТИТУТ БЕЛГИПРОЗЕМ»

(УП «Проектный институт Белгипрозем»)

**МЕТОДИКА СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ГЛОБАЛЬНЫХ ДАННЫХ И ДАННЫХ ЗЕМЕЛЬНО-
ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
ДЛЯ ПОДГОТОВКИ НАЦИОНАЛЬНОЙ ОТЧЕТНОСТИ
В РАМКАХ КОНВЕНЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ
ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ ПО БОРЬБЕ С ОПУСТЫНИВАНИЕМ
В ТЕХ СТРАНАХ, КОТОРЫЕ ИСПЫТЫВАЮТ СЕРЬЕЗНУЮ ЗАСУХУ
И/ИЛИ ОПУСТЫНИВАНИЕ,
ОСОБЕННО В АФРИКЕ**

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

Минск
2020

Методика совместного использования глобальных данных и данных земельно-информационной системы Республики Беларусь для подготовки национальной отчетности в рамках Конвенции Организации Объединенных Наций по борьбе с опустыниванием в тех странах, которые испытывают серьезную засуху и/или опустынивание, особенно в Африке: научно-технический отчет / А. С. Коробкин [и др.]. – Минск, 2020. – 92 с.

Утверждено: главный инженер РУП «Проектный институт Белгипрозем» Н. П. Бобер (2020 г.)

Исполнители: А. С. Коробкин, И. П. Самсоненко, А. П. Теренева, Н. Н. Шарох

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

*Руководитель темы,
начальник отдела научно-
исследовательских работ*

А. С. Коробкин
*(постановка задачи, контроль ее
реализации, разделы 2–3, заключение)*

Исполнители темы:

*ведущий специалист отдела научно-
исследовательских работ,
кандидат географических наук*

И. П. Самсоненко
(введение, разделы 1–3, заключение)

*заместитель начальника отдела геоин-
формационных систем и технологий*

А. П. Теренева
(раздел 2)

*заместитель начальника сектора
геоинформационных технологий*

Н. Н. Шарох
(раздел 2)

РЕФЕРАТ

Отчет 92 с., 35 рисунков, 8 таблиц, 37 источников, 5 приложений.

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ, ИНДИКАТОРЫ ПРОГРЕССА, ДЕГРАДАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ, ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ, ЗЕМЕЛЬНОЕ ПОКРЫТИЕ, ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ДАННЫЕ, ЗЕМЕЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА

Объект работы — пространственные данные, используемые для создания цифровой модели земельного покрытия Республики Беларусь.

Цель работы включает в себя разработку методики использования данных ЗИС для совместного использования с данными, предоставляемыми в рамках КБО ООН. К основным задачам относятся:

- изучение используемых в КБО ООН подходов к определению тенденций деградации земель с использованием показателей прогресса в контексте концепции нейтрального баланса деградации земель (задача 15.3.1 ЦУР);
- создание картосхемы, отражающей годы создания ЗИС для каждого района и города Республики Беларусь;
- создание на основе данных ЗИС земельного покрытия на территорию Республики Беларусь, сопоставимого с глобальным земельным покрытием, предоставляемым в рамках КБО ООН;
- создание на основе данных ЗИС серии земельных покрытий с 2000 по 2015 год на территорию модельного района, сопоставимого с серией глобальных земельных покрытий, предоставляемых в рамках КБО ООН;
- сопоставление земельных покрытий, полученных на базе глобальных и национальных данных;
- обобщение информации, расчет показателя для отчетности по задаче 15.3.1 ЦУР с использованием показателей продуктивности земель и содержания почвенного углерода на основе глобальных данных и заполнение формы национальной отчетности по Конвенции;
- подготовка предложений по направлениям развития системы формирования и анализа национальных данных для целей получения актуальной информации о динамике показателей прогресса и показателя по задаче 15.3.1 ЦУР.

Результаты работы предназначены для подготовки национальной отчетности Республики Беларусь в рамках КБО ООН.

СОДЕРЖАНИЕ

Обозначения и сокращения	6
Введение	7
1 ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТЕНДЕНЦИЙ ДЕГРАДАЦИИ ЗЕМЕЛЬ В КОНТЕКСТЕ КБО ООН ...	11
1.1 Основные положения оценки изменений земельного покрытия	11
1.2 Разработка классификаторов для карт земельного покрытия	12
1.3 Выбор источников исходных данных для составления карт земельного покрытия	18
1.4 Методы оценки тенденций земельного покрытия	22
1.5 Определение показателей прогресса и формирование отчетной документации КБО ООН	27
1.6 Выводы по разделу 1	28
2 ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ ЗЕМЕЛЬНО- ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ КБО ООН ...	30
2.1 Земельно-информационная система Республики Беларусь.....	30
2.2 Технология создания карт земельного покрытия по данным ЗИС	36
2.3 Сопоставление карт земельного покрытия, полученных на основе глобальных и национальных данных.....	45
2.4 Выводы по разделу 2	53
3 МЕТОДИКА СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ ДАННЫХ И ДАННЫХ ЗЕМЕЛЬНО- ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ПРИ ЗАПОЛНЕНИИ ФОРМЫ НАЦИОНАЛЬНОЙ ОТЧЕТНОСТИ КБО ООН	55
Закключение	66
Список использованных источников	69
Приложение А	72
Приложение Б	77
Приложение В	78
Приложение Г	83
Приложение Д.....	86

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

БД	– база данных
ДДЗ	– данные дистанционного зондирования Земли
ДПЗ	– динамика продуктивности земель
ГИС	– географическая информационная система
ЕКА ПРП-ИИК	– Инициатива Европейского космического агентства по изменению климата
ЗИС	– земельная информационная система Республики Беларусь
ЗП	– земельное покрытие
КБО ООН	– Конвенция Организации Объединенных Наций по борьбе с опустыниванием
МГЭИК	– Межправительственная группа экспертов по изменению климата
НДЗ	– нейтральный баланс деградации земель
ООН	– Организация Объединенных Наций
ПО	– программное обеспечение
ТЗ	– техническое задание
УУЗР	– устойчивое управление земельными ресурсами
ФАО	– Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН
ЦК	– цифровая карта
ЦМР	– цифровая модель рельефа
ЦУР	– цели в области устойчивого развития
NDVI	– спектральный вегетационный индекс
SO1-1	– показатель тенденции земельного покрытия
SO1-2	– показатель тенденции продуктивности земель или производительности угодий
SO1-3	– показатель тенденции в отношении земных и подземных запасов почвенного органического углерода

ВВЕДЕНИЕ

Последнее десятилетие отмечено рядом инициатив, направленных на предотвращение деградации земель и восстановление деградированных земель как на глобальном, так и на региональном уровнях. Прежде всего, это Цели в области биоразнообразия (CBD Aichi Biodiversity Targets), принятые в 2010 г., одна из которых направлена на восстановление не менее 15 % деградировавших экосистем. Кроме того, можно отметить региональные инициативы в рамках так называемого Боннского вызова (the Bonn Challenge) по восстановлению более 150 миллионов гектаров деградированных земель и документы, принятые 25 сентября 2015 г. на 70-й сессии Генеральной ассамблеи ООН: «Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года» и «Цели в области устойчивого развития» (далее — ЦУР) [1]. При этом ЦУР, вступившие в силу в январе 2016 года, имеют наиболее важное концептуальное значение и, по-видимому, будут определять основные направления социальной, экономической и экологической политики государств всего мира в течение последующих 15 лет.

В частности, одна из целей устойчивого развития (ЦУР 15) направлена на защиту и восстановление экосистем суши и содействие их рациональному использованию, рациональное лесопользование, борьбу с опустыниванием, прекращение и обращение вспять процесса деградации земель и прекращение процесса утраты биоразнообразия. В ее рамках поставлена задача 15.3 по борьбе с опустыниванием, восстановлению деградированных земель и почв, в том числе земель, пострадавших от опустынивания, засухи и наводнений, и достижению нейтральности в деградации земель до 2030 г.

Для мониторинга прогресса в достижении этой цели в марте 2017 г. Статистической комиссией ООН был принят целевой показатель 15.3.1 «Доля земель, деградированных по всей площади суши», предложенный Межведомственной и экспертной группой по показателям ЦУР. Ответственность за контроль этого целевого показателя несут: Конвенция Организации Объединенных Наций по борьбе с опустыниванием (далее — КБО ООН) и Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (далее — ФАО). Под их эгидой была создана межведомственная консультативная группа по разработке и совершенствованию методологии и параметров данных для получения целевых индикаторов прогресса. Группа также включает участников от Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата, Конвенции о биологическом разнообразии, Организации Объединенных Наций по окружающей среде и Статистического Отдела ООН.

В руководящих документах КБО ООН [2, 3] указывается на необходимость скорейшего включения ЦУР 15 и связанной с ней задачи 15.3 в процесс осуществления Конвенции, при том что при расчете целевого показателя 15.3.1 уже используются значения индикаторов прогресса в достижении «Стратегической цели 1» — улучшить состояние затронутых экосистем, бороться с опустыниванием/деградацией земель, содействовать устойчивому управлению земельными ресурсами и внести вклад в достижение нейтрального баланса деградации земель, — а именно: SO1-1 (тенденции земельного покрытия); SO1-2 (тенденции продуктивности земель); SO1-3 (тенденции в отношении запасов органического углерода).

Обоснование целевого показателя 15.3.1, а также составляющих его субиндикаторов приведено в ряде руководящих и рабочих документов [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]. Исходя из их содержания, проявляется особая роль субиндикатора SO1-1. Он характеризует распределение земель по видам, исходя из общепринятых систем классификации, а также отражает использование земельных ресурсов (т. е. почвы, воды и биоразнообразия) для нужд сельского хозяйства, лесного хозяйства, развития населенных пунктов и других целей [6]. Фиксация изменений этого по-

казателя во времени позволяет демонстрировать динамику структуры земель, ее изменений, происходящих под воздействием различных факторов, как природных, так и антропогенных. Поэтому он уже сам по себе способен характеризовать процессы деградации земель, выявляя изменения функций экосистем, которые считаются предпочтительными на местном или национальном уровне. Особая роль SO1-1 определяется также его востребованностью для целей оценки других важных показателей. Во-первых, как уже упоминалось, он используется при расчете индикатора ЦУР 15.3.1, а также необходим для получения других показателей «Стратегической цели 1» (SO1-2, SO1-3) [4]. Во-вторых, он участвует в оценке результатов применения сторонами КБО ООН согласованных подходов при формировании национальных докладов в рамках «Программы постановки задач в отношении НДЗ». В-третьих, сведения о земельном покрытии необходимы для получения индикаторов ЦУР: 6.6.1, 11.3.1 и 15.1.1 [4].

Методические подходы оценки SO1-1 достаточно универсальны и позволяют использовать результаты как дистанционных (глобальных, национальных), так и наземных (полевых) наблюдений. Неизменным остается лишь главное требование, которое заключается в том, что используемые исходные материалы должны быть максимально сопоставимы и стандартизированы. В рамках КБО ООН предоставляется доступ к «глобальным источникам данных» — растровым земельным покрытиям (далее — ЗП), которые создаются, как правило, на основании материалов дистанционного зондирования Земли с помощью классификации изображений физической поверхности суши по ее спектральным характеристикам. Это стандартные наборы данных, содержащие информацию о распределении земель в течение 15-летнего периода наблюдений с пространственным разрешением от 1 км до 300 м. Вместе с тем сторонам КБО ООН рекомендовано использовать более детальные наборы данных (при их наличии) и определять наиболее подходящие способы оценки SO1-1, исходя из своей национальной специфики [5]. При этом признается безусловный приоритет национальных методов картирования земель, поскольку они лучше учитывают реальную ситуацию [8, 9, 10].

В 2014–2015 гг. ряд стран приняли участие в пилотном проекте КБО ООН, посвященном достижению нейтрального баланса деградации земель (ППД НДЗ) [11]. Этот проект продемонстрировал важность предварительной технической помощи и консультационных услуг с учетом специфики страны для преодоления проблем анализа данных. В результате был апробирован подход к установлению целевых показателей в контексте НДЗ, включая использование национальных либо глобальных данных и методологии отчетности по трем субиндикаторам.

Республика Беларусь является участником ППД НДЗ и уже имеет опыт предоставления отчетности по целевому показателю 15.3.1. Однако, в настоящее время в стране отсутствуют собственные данные относительно пространственного распределения земель, которые могли бы полностью заменить «глобальные источники данных» за 15-летний период наблюдений. В то же время в качестве основы для получения сопоставимых национальных данных может выступать земельная информационная система Республики Беларусь (далее — ЗИС), содержащая сведения о фактическом состоянии земель и об изменениях, зафиксированных в процессе непрерывной эксплуатации ЗИС. Для этого необходимо разработать соответствующую методику использования данных ЗИС для подготовки национальной отчетности в рамках КБО ООН, что, в свою очередь, будет способствовать выполнению международных обязательств Республики Беларусь. Кроме того, возможно повышение достоверности информации о деградации земель за счет большей детализации исходных данных. В перспективе это позволит увязать значения целевых показателей Конвенции с конкретными земельными контурами и землепользователями, что обеспечит учет целей Конвенции при принятии решений в области использования и охраны земель.

Таким образом, главной целью настоящей научно-исследовательской работы является разработка методики использования данных ЗИС для подготовки национальной отчетности в рамках КБО ООН. К числу основных задач, которые были поставлены в техническом задании к договору, относятся:

- изучение используемых в Конвенции подходов к определению тенденций деградации земель с использованием показателей прогресса в контексте концепции нейтрального баланса деградации земель (задача 15.3.1 ЦУР);
- создание картосхемы, отражающей годы создания ЗИС для каждого района и города Республики Беларусь;
- создание на основе данных ЗИС земельного покрытия на территорию Республики Беларусь, сопоставимого с глобальным земельным покрытием, предоставляемым в рамках Конвенции;
- создание на основе данных ЗИС серии земельных покрытий с 2000 по 2015 гг. на территорию модельного района, сопоставимых с серией глобальных земельных покрытий, предоставляемых в рамках Конвенции;
- сопоставление земельных покрытий, полученных на базе глобальных и национальных данных;
- обобщение информации, расчет показателя для отчетности по задаче 15.3.1 ЦУР с использованием показателей продуктивности земель и содержания почвенного углерода на основе глобальных данных и заполнение формы национальной отчетности по Конвенции;
- подготовка предложений по направлениям развития системы формирования и анализа национальных данных для целей получения актуальной информации о динамике показателей прогресса и показателя по задаче 15.3.1 ЦУР.

На протяжении определенного времени в соответствии с календарным планом были проведены следующие работы. Выполнен обзор руководящих и рабочих документов КБО ООН относительно концепции нейтрального баланса деградации земель. Изучены подходы к определению тенденций деградации земель с использованием показателей прогресса и методов их оценки. Построена картосхема временного графика разработки ЗИС на всю территорию Республики Беларусь, содержащая сведения о годах создания локальных ЗИС относительно административно-территориальных единиц. На основе данных ЗИС и основных требований к глобальным наборам данных, предоставляемым в рамках КБО ООН, создана цифровая модель земельного покрытия на всю территорию Республики Беларусь. На основе данных ЗИС создана серия (с 2000 по 2015 г.) земельных покрытий на территорию Минского района (принятого за эталон), по своим характеристикам сопоставимая с серией глобальных земельных покрытий, предоставляемой в рамках КБО ООН. Выполнено сопоставление земельных покрытий, полученных на базе глобальных и национальных данных.

На основе обобщения информации выполнен расчет показателя для отчетности по задаче 15.3 ЦУР с использованием показателей продуктивности земель и содержания почвенного углерода, полученных на основе глобальных данных. Заполнена форма национальной отчетности по КБО ООН за 2018 г. Основные результаты выполнения перечисленных выше работ описаны в разделах настоящего научно-технического отчета.

В разделе 1 на основе обзора опубликованных организационных и методических материалов КБО ООН описаны основные положения и подходы, применяемые при оценке показателей прогресса в контексте концепции нейтрального баланса деградации земель, а также требования к материалам, используемым для создания карт ЗП, методам оценки субиндикатора SO1-1 и индикатора 15.3.1 ЦУР.

В разделе 2 приведены основные технические характеристики земельной информационной системы Республики Беларусь (в том числе информационного слоя «Land»), а также излагаются основные положения разработанной технологии создания карты ЗП на основе данных ЗИС.

Результаты исследований по разработке методики использования данных ЗИС для подготовки национальной отчетности в рамках КБО ООН отражены в разделе 3. Здесь же приведены примеры расчета основных показателей прогресса в контексте НДЗ в целях подготовки национальной отчетности Республики Беларусь за 2018 г.

Работы, результаты которых отражены в отчете, выполнялись сотрудниками отдела научно-исследовательских работ и отдела геоинформационных систем и технологий в рамках договора от 28 мая 2019 № 3882-19 с Белорусским общественным объединением «Экологическая инициатива».

1. ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТЕНДЕНЦИЙ ДЕГРАДАЦИИ ЗЕМЕЛЬ В КОНТЕКСТЕ КБО ООН

1.1. Основные положения оценки изменений земельного покрытия

В контексте КБО ООН показатель SO1-1 служит одним из трех субиндикаторов, используемых для оценки НДЗ в целом и целевого показателя ЦУР 15.3.1 в частности. Его применение в значительной степени способствует выявлению процессов деградации земель и характеризует их динамику. При этом деградация земель понимается как снижение или потеря биологической или экономической продуктивности в результате землепользования или действия естественных процессов, в том числе связанных с деятельностью человека [3].

Методология оценки индикаторов НДЗ достаточно полно описана в целом ряде источников [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10], где изложены как общие принципы, так и конкретные инструкции с использованием апробированных методов и международных стандартов, к которым относятся ISO 19115-1:2014 Географическая информация. Метаданные. Часть 1. Основы [12], а также ISO 19144-2:2012 Географическая информация. Системы классификации. Часть 2. Метаязык земного покрова (LCML) [13]. Для определения конкретных методов расчета субиндикаторов предлагается следующий многоуровневый подход.

Уровень 1 (метод по умолчанию) предусматривает глобальное или региональное наблюдение за землями на базе геопространственного моделирования.

Уровень 2 основан на использовании национальных статистических данных, полученных в ходе наблюдений за состоянием земель в разрезе административных или природных территориальных единиц (например, водосборных бассейнов), а также при проведении национального мониторинга земель.

Уровень 3 (наиболее детальный метод) включает полевые обследования, измерения и наземную съемку.

Второй уровень считается наиболее предпочтительным вариантом, поскольку национальные данные лучше отражают распределение классов земельного покрытия (далее — ЗП), а также значительные тенденции динамики состояния земель в конкретных странах. При этом к источникам данных, используемых для оценки тенденций ЗП, выдвигаются требования максимальной стандартизации и сопоставимости. Вместе с тем возможны ограничения, препятствующие использованию национальных данных, прежде всего — недостаточный их объем. Поэтому на выбор наиболее подходящего набора данных влияют такие критерии, как доступность временных рядов за период 2000–2015 гг. и, что более важно, возможность регулярного последующего обновления.

По умолчанию (в случае отсутствия соответствующих национальных наборов данных) рекомендуется использование глобальных источников данных, например, созданных на основе применения данных ЕКА ПРП-ИИК [14] или SEEA-MODIS [15], но вне зависимости от используемого подхода процесс выполнения оценки субиндикатора SO1-1 должен предусматривать следующие основные стадии [5]:

- разработка оптимальной легенды карты ЗП с однозначными, исчерпывающими классами и определение схемы их пространственной дезагрегации;

- выбор источников исходных данных и методов для составления карты ЗП, включая методы предварительной обработки ДДЗ, классификации и процедуры оценки точности;
- генерация «матрицы перехода классов», определяющей изменения земельного покрытия, которые потенциально могут быть классифицированы как деградация;
- оценка показателей прогресса и формирование отчетной документации.

1.2. Разработка классификаторов для карт земельного покрытия

При создании легенд карт ЗП принимаются во внимание следующие основные понятия и требования.

Термин «земельное покрытие» относится к наблюдаемому физическому покрову земной поверхности и его изображению, которое описывает распределение как природных экосистем, так и антропогенной инфраструктуры [10].

Объекты ЗП по размеру и форме могут быть абстрактными единицами, определяемыми регулярной сеткой (пиксели), либо могут быть логическими единицами, совпадающими с естественными или административными границами [10].

Элементы ЗП являются основными компонентами, которые составляют определенный класс ЗП. Элементы могут быть абиотическими (например, вода, почва, камни и искусственные поверхности) или относиться к растительности (например, травы, кустарники, древесные растения). Конкретный класс может включать один или несколько элементов в зависимости от сложности поверхности и пространственного охвата [10].

Класс ЗП — категория земного покрова, выделяемая при помощи комплекса диагностических характеристик на основании международного стандарта, адаптированного к условиям конкретной страны. Обычно он охватывает один тип в пределах более широкого набора классов, определенных в рамках системы классификации. Его спецификация, как правило, описывает свойства элементов, которые его составляют. Например, определение класса леса может включать в себя древесную и недревесную растительность, в то время как некоторые критерии для проекции крон и высоты элементов деревьев также могут учитываться. По своей сути класс земного покрова определяется с использованием уникального идентификатора (имени класса) и описания. Этого достаточно для классов земного покрова с коротким описанием, но может быть недостаточно для классов, требующих определения, которое включает в себя несколько элементов и свойств [10].

Для более точных и масштабируемых определений классов целесообразно использование схем, написанных на языке разметки (например, xml, json или rdf). Эти языки предназначены как для человека, так и для машинного чтения, что может помочь в автоматическом сравнении классов земного покрова, даже если используются разные легенды. Такие языки могут использоваться для полного описания критериев наличия и расположения земельных участков, охватывают все элементы класса, а также диапазон приемлемых свойств для каждого из них и могут быть использованы для создания такой схемы классификации метаданных, которая точно определяет критерии для классов в машиночитаемый формат [5].

Легенда карты ЗП является набором классов, число которых определяется с использованием системы классификации. Основные требования к системе классификации при составлении легенды карты ЗП следующие:

- однозначность классов (взаимоисключение и уникальность);
- завершенность (с точки зрения пространственного охвата области интереса);

– исчерпывающая обеспеченность (обеспечение полного тематического охвата всего спектра классов земного покрова в интересующей области).

То есть набор классов ЗП должен быть исчерпывающим в такой мере, чтобы любой пространственный объект можно было отнести к конкретному классу в момент времени, соответствующий исходному уровню наблюдений, и контролировать его изменение в течение всего периода наблюдений. Например, растительность является одним из наиболее легко обнаруживаемых экоярусов земной поверхности, благодаря чему она может использоваться в качестве важного индикатора изменений, вызванных как естественными, так и антропогенными факторами. Тем не менее в мелком масштабе происходит слияние растительного покрова с открытой почвой и застроенными территориями. Кроме того, растительный покров может включать в себя набор древесных и недревесных (кустарниковых, травянистых и т. д.) видов, расположенных сложным образом как по горизонтали, так и по вертикали. Поэтому классификатор ЗП должен учитывать все разнообразие ландшафтных ситуаций.

Уровень детализации легенды карты ЗП определяется применяемым методом классификации, тематической и пространственной точностью имеющихся данных. Главное условие уровня детализации — гарантированное определение важных изменений в земном покрове. Допускается, что уровень детализации легенды может основываться на национальных требованиях к отчетности и планированию.

Таким образом, набор классов для включения в легенду карты ЗП определяется исходя из национальной специфики. Рекомендуется использование не менее шести классов, как, например, в легенде карты изменений землепользования МГЭИК (IPCC) [5]. В то же время приветствуется расширение этого минимума классов для того, чтобы улучшить возможность выявления и картографирования процессов деградации земель. Как образец могут использоваться: система экологического и экономического учета Статистической комиссии ООН (СЭЭУ), включающая 14 классов, предназначенных для описания природного капитала; набор данных о земном покрове ФАО (GLC-Share), состоящий из 11 классов, аналогичных классам СЭЭУ, за исключением класса пахотных земель [16]; типология земельного покрова Инициативы Европейского космического агентства по изменению климата (ЕКА ПРП-ИИК) из 36 классов и разработанная на ее основе двухуровневая Система классификации земельного покрова ФАО ООН — Land Cover Classification System (LCCS), включающая 22 класса на «уровне 1» и 14 дополнительных классов на «уровне 2».

В любом случае при формировании иерархической структуры легенды карты рекомендуется придерживаться ISO 19144-2:2012 [13], чтобы иметь возможность группировать классы в соответствии с основными типами ЗП на стандартной основе. Это объясняется тем, что классификатор метаязыка LCML обеспечивает наиболее структурированный подход к определению классов земного покрова, а также их четкое и однозначное определение для лучшего понимания процессов деградации земель. Соотношения между классами земного покрова, используемые в различных системах классификации, показаны в таблице 1.1.

Исходя из приведенного выше подхода, «по умолчанию» предлагается использование типологии земельного покрова, разработанной в рамках отчетности КБО ООН и включающей 7 классов: 1 — лесопокрываемые земли; 2 — луговые земли; 3 — пахотные земли; 4 — заболоченные земли; 5 — искусственные поверхности; 6 — лишенные покрова и другие земли; 7 — водные объекты [4].

Таблица 1.1 – Соотношения между классами ЗП, используемыми в различных системах классификации [4]

IPCC	GLC-Share	СЭЗУ	ЕКА ПРП-ИИК
Лесо-покрытые земли	Территории, покрытые древесной растительностью	Территории, покрытые древесной растительностью	Древесный покров, широколиственный, вечно-зеленый (проективное покрытие > 15 %). Древесный покров, широколиственный, листопадный (проективное покрытие > 15 %). Древесный покров, хвойный, вечнозеленый (проективное покрытие > 15 %). Древесный покров, хвойный (проективное покрытие > 15 %). Древесный покров, смешанный (проективное покрытие > 15 %). Мозаичное покрытие древесно-кустарниковое (> 50 %) / травяное (< 50 %)
Луговые земли	Луговые земли; территории, покрытые кустарником. Редкая растительность	Луговые земли; территории, покрытые кустарником; территории, покрытые редкой естественной растительностью. Естественные растительные ассоциации	Мозаичная естественная растительность, деревья, кустарники, травяной покров (> 50 %) / пахотные земли (< 50 %). Земли под кустарником. Луговые земли. Лишайники и мхи. Редкая растительность, деревья, кустарники, травяной покров (проективное покрытие < 15 %)
Пахотные земли	Пахотные земли	Травянистые культуры; древесные культуры; смешанные или многоярусные культуры	Пахотные земли, богарные: – травяной покров; – древесно-кустарниковый покров. Пахотные земли, орошаемые или после затопления. Мозаичные пахотные земли (> 50 %) / естественная растительность, деревья, кустарники, травяной покров (< 50 %). Мозаичный травяной покров (> 50 %) / древесно-кустарниковый (< 50 %)
Заболоченные земли	Травянистая растительность. Водные и регулярно затопляемые. Мангровые заросли	Кустарники и/или травянистая растительность. Водные или регулярно затопляемые. Мангровые заросли	Древесный покров, затапливаемый солеными водами. Древесный покров, затапливаемый пресными или солоноватыми водами. Кустарники или травяной покров, залитый пресными / солеными / солоноватыми водами
Искусственные поверхности	Искусственные поверхности	Искусственные поверхности (в том числе городские и пригородные территории)	Городские районы
Лишенные покрова и другие земли	Оголенная почва. Снег и ледники.	Оголенные бесплодные земли. Вечные снега и ледники	Оголенные территории. Вечные снега и льды
Водные объекты	Водоемы	Внутренние водоемы. Прибрежные водоемы и литорали	Водоемы

Класс лесопокрытых земель включает в себя все географические районы с преобладанием растительного покрова (плотность покрытия $> 15\%$), состоящего преимущественно из естественных древесных культур с плотностью покрытия $15\text{--}100\%$: а) редколесья: $>15\%$; б) фрагментированного редколесья: $15\text{--}40\%$; в) плотного лесного покрова: $40\text{--}100\%$. В составе фитоценозов могут присутствовать и другие виды растительности (кустарниковые и/или травянистые культуры), плотность покрытия которых может быть больше, чем у древесных культур: мозаичный древесно-кустарниковый ($> 50\%$) / травяной ($< 50\%$) покров.

Класс луговых земель включает в себя все географические районы с преобладанием растительного покрова с плотностью покрытия выше 15% и охватывает естественные кустарниковые культуры, травянистую растительность (например, разнотравье и злаковые, пастбища, прерии, степи и саванны) или их комбинацию независимо от той или иной деятельности человека и/или животных (выпас скота и т. д.); также может состоять из лишайников/мхов. Выделяют особое состояние покрова, когда доля лишайников/мхов составляет как минимум 25% от всего растительного покрова. Допускается присутствие редких древесных культур, если плотность их покрытия составляет менее 15% . Этот класс также включает в себя мозаичную природную растительность, состоящую из травянистых ($> 50\%$) и кустарниковых или древесных ($< 50\%$) культур. Этот класс также включает в себя все географические районы с плотностью покрытия естественной растительностью от 2 до 15% (редкое): а) с фрагментированным естественным покрытием, состоящим из кустарников ($> 15\%$), или б) с фрагментированным естественным покрытием, состоящим из травянистых растений ($> 15\%$), или в) с редкой естественной растительностью —травянистыми растениями, кустарниками и деревьями ($< 15\%$).

Класс пахотных земель включает все географические районы с преобладанием культивируемого земного покрова в виде травянистых или древесных сельскохозяйственных культур. Данный класс состоит из основного яруса культивируемых трав (злаковые или разнотравье), включая травянистые культуры, используемые для сена, и/или основного яруса постоянных культивируемых древесных или кустарниковых культур и включает в себя все виды садов и плантаций (фруктовые деревья, плантация кофе и чая, масличные пальмы, каучуковые плантации, новогодние ели и т. д.). В данный класс входят все культуры, растущие не более двух сезонов, а также такие культуры, как сахарный тростник, где верхняя часть растения регулярно собирается, а корневая система может произрастать более одного года. Сюда также входят неорошаемые, орошаемые или регулярно затопляемые пахотные земли, водные культуры, находящиеся в воде в течение длительных периодов времени в процессе их выращивания (например, рис, выращенный на чеках, суходольных и лиманных полях). К этому классу также относятся сельскохозяйственные поля от небольших (< 2 га) до средних по площади (> 2 га). Также к этому классу относятся районы лесопосадок с целью облесения и лесные плантации. Допускается присутствие растительного покрова в зависимости от времени наблюдения в период роста растений. Этот класс также включает в себя многослойные или многоярусные культуры, состоящие как минимум из двух ярусов, культивируемых древесных и травянистых культур. Зачастую присутствует один ярус древесных культур (деревьев или кустарников) и еще один слой травянистых культур (например, выращивание оливковых деревьев на пшеничных полях в Средиземноморье, а также интенсивное садоводство, оазисное береговое сельское хозяйство в Африке, где среди трав выращивают пальмы и т. д.). Этот класс также включает в себя различные слои культурных растений в сочетании со значительными участками естественной растительности: а) смешанные травянистые и древесные культуры; б) мозаичные культуры ($> 50\%$) / естественная растительность ($< 50\%$); в) естественный смешанный растительный покров ($> 50\%$) / сельскохозяйственные культуры ($< 50\%$).

Класс заболоченных земель включает в себя все географические районы, характеризующиеся переходным состоянием между чисто наземными и водными системами, когда уровень грунтовых вод обычно находится на поверхности или вблизи нее, или земля покрыта неглубокой водой. Класс включает в себя все области с преобладанием древесных, кустарниковых или травянистых культур (плотность покрытия 10 % или более).

Класс искусственных поверхностей включает районы любого типа с преобладанием искусственного покрова, сформировавшегося в результате деятельности человека. Также допускается присутствие естественной растительности, доля которой не должна превышать долю искусственной поверхности. В этот класс входят все городские или связанные с ними районы, например, городские парки или спортивные объекты. Этот класс также включает в себя промышленные районы, полигоны для отходов и места добычи полезных ископаемых: а) строительные площадки (города, зеленые городские районы, города и транспорт в контексте автотранспортных и железнодорожных сетей и связанные с ними земли); б) территории портов и аэропортов; в) места добычи полезных ископаемых (открытые шахты и карьеры) и полигоны для отходов; г) непрерывные и прерывистые городские структуры, а также промышленные или коммерческие объекты.

Класс лишенных покрова и других земель включает географические районы с преобладанием естественных абиотических поверхностей (голой почвы, песка, камней и т. д.), в которых отсутствует искусственное покрытие в результате деятельности человека и отсутствует или почти отсутствует (покрывает менее 2–4 %) естественная растительность. Сюда входят районы обнаженных скальных пород, песчаные и пустынные местности. Данный класс также включает регулярно затапливаемые внутренними водами районы (берега озер и рек, мокрые солончаки и т. д.). Сюда не входят прибрежные районы, характеризующиеся приливным движением соленой воды. Сюда входят пляжи, дюны, песчаные и пустынные местности и районы обнаженных скальных пород. Этот класс включает в себя все географические районы, покрытые вечными снегами или ледниками, присутствие которых отмечается на протяжении 10 или более месяцев в году.

Класс водных объектов включает в себя всю географическую площадь внутренних водных объектов, в которых вода сохраняется на протяжении всего года. В некоторых случаях вода может часть года (менее 10 месяцев) находиться в замерзшем состоянии. К этому классу относятся районы, естественным или искусственным образом покрытые водой, например, озера и/или реки, водохранилища, каналы, искусственные озера и т. д.

Важное достоинство предлагаемой системы классификации заключается в том, что она базируется на последовательных, уникальных и систематически применяемых принципах. При этом используются объективные «логические» классовые определения, а не субъективные «когнитивные» определения. В этом смысле логические классы определяются фактическими биофизическими элементами, их расположением и их свойствами. Благодаря этому возможно описание всего диапазона состояний земной поверхности. Структурно система классификации ЗП в рамках отчетности КБО ООН соотносится с полным набором классов легенды ЕКА ПРП-ИИК. Схема дезагрегации в 36 классов ЕКА ПРП-ИИК приведена в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Соответствие классов легенд земельного покрова КБО ООН и ЕКА ПРП-ИИК [4]

Название класса КБО ООН	Код КБО ООН	Код ЕКА ПРП-ИИК	Название класса ЕКА ПРП-ИИК
Лесопокрываемые земли	1	50	Древесный покров, широколиственный, вечнозеленый (> 15 %)
		60	Древесный покров, широколиственный, листопадный (> 15 %)
		61	Древесный покров, широколиственный, листопадный (> 40 %)
		62	Древесный покров, лиственный, листопадный (15–40 %)
		70	Древесный покров, хвойный, вечнозеленый (> 15 %)
		71	Древесный покров, хвойный, вечнозеленый (> 40 %)
		72	Древесный покров, хвойный, вечнозеленый (15–40 %)
		80	Древесный покров, хвойный, лиственный, листопадный (>15 %)
		81	Древесный покров, хвойный, лиственный, листопадный (>40 %)
		82	Древесный покров, хвойный, лиственный, открытый (15–40 %)
		90	Древесный покров смешанного типа (широколиственный и хвойный)
		100	Мозаичное древесно-кустарниковое (> 50 %) / травяной покров (< 50 %)
Луговые земли	2	110	Мозаичный травяной покров (> 50 %) / древесно-кустарниковое (< 50 %)
		120	Кустарниковые
		121	Кустарник вечнозеленый
		122	Кустарник лиственный
		130	Луг
		140	Лишайник и мхи
		151	Редкие деревья (< 15 %)
		152	Редкий кустарник (< 15 %)
		153	Редкий травяной покров (< 15 %)
Пахотные земли	3	10	Пахотная земля, богарная
		11	Травяное покрытие
		12	Дерево или кустарник
		20	Пахотные земли, орошаемые или после затопления
		30	Мозаичные пахотные земли (> 50 %) / естественная растительность (дерево, кустарник, травянистое покрытие) (< 50 %)
		40	Мозаика естественной растительности (дерево, кустарник, травяной покров) (> 50 %) / пахотные земли (< 50 %)
Заболоченные земли	4	160	Древесный покров, водный или регулярно заливаемый пресной или солоноватой водой
		170	Древесный покров, водный, регулярно заливаемый в соленой или солоноватой воде, мангровые заросли
		180	Кустарник или травяной покров, залитый пресной / солоноватой водой

Название класса КБО ООН	Код КБО ООН	Код ЕКА ПРП-ИИК	Название класса ЕКА ПРП-ИИК
Искусственные поверхности	5	190	Городские районы
Лишенные покрова и другие земли	6	200	Голые районы
		201	Консолидированные лишенные покрова участки
		202	Неконсолидированные лишенные покрова участки
		220	Постоянный снег и лед
Водоемы	7	210	Водоемы

1.3. Выбор источников исходных данных для составления карт земельного покрытия

Данные представляют собой сведения об объектах и явлениях окружающего мира, обычно численные, сбор которых ведется путем наблюдения. Пространственные данные — это сведения о пространственных объектах, включающие информацию об их местоположении, форме, размере и иных свойствах. Большинство находящихся в свободном доступе данных о ЗП основано на материалах, полученных путем обработки космических снимков, т. е. изображений земной поверхности, переданных от съемочных систем, базирующихся на искусственных спутниках Земли. Поэтому при их создании, в той либо иной мере, требуется проведение комплекса предварительной обработки для преодоления таких недостатков космической съемки, как спектрально-радиометрическая вариабельность датчиков, атмосферные искажения и перекрытие облачностью, изменение отражательной способности поверхности в течение дня и т. д. Устранение геометрических искажений и точная географическая привязка также являются важными шагами для достоверного определения изменений ЗП. В целях устранения влияния облачности рекомендуется выполнение операций композитинга, так как именно наличие ежегодных глобальных безоблачных композитов обеспечивает надежную основу для составления карт ЗП [17].

Для повышения различимости классов по спектральным характеристикам поверхности предлагается использовать метод оценки метрик спектральных изменений, которые могут обеспечить средства повышения точности классификации [18, 19]. Достижение приемлемого отношения сигнал / шум для спутниковых наблюдений предлагается осуществлять с помощью алгоритмов объединения данных [20, 21]. Кроме того, предварительная обработка ДДЗ в обязательном порядке должна включать их проецирование в одну из систем координат.

Ключевыми факторами, которые могут определять пригодность источников данных для оценки ЗП, являются их пространственное и временное разрешения. Пиксель — элементарная область цифрового изображения, которая пространственно соответствует относительно небольшим участкам земной поверхности — единицам разрешения на местности. Чем крупнее пиксель, тем выше дифференциация ЗП. Важная роль временного разрешения проявляется при сопоставлении данных за разные годы, так как требуется учитывать даты съемки, чтобы снимки соответствовали одной и той же фазе развития растительности. Считается, что улучшение пространственного разрешения (например, от 1 км до 30 м) и более частое временное покрытие (от ежегодного к сезонным или ежемесячным) позволяет повысить выявляемость изменений ЗП.

Для составления карт ЗП на основе материалов ДДЗ используются известные автоматизированные и полуавтоматические методы классификации [22, 23]. Классификация изображения — разделение изображения на классы — производится путем сравнения спектральных характеристик каждого пикселя со спектральными характеристиками эталонных классов земного покрова. Считается, что наилучшие результаты (описания границ классов) обеспечиваются с помощью методов контролируемой классификации с обучением. Однако непараметрические методы требуют использования данных обучения [18]. Основные требования к практике сбора данных обучения и проверки, а также оценки точности карты содержатся в публикации ФАО [24]. Установлено, что размер набора обучающих данных определяется, прежде всего, детализацией тематической легенды, пространственной изменчивостью классов земного покрова. При этом используемый алгоритм классификации должен определить распределение каждой переменной для каждого класса ЗП. Как правило, точное количество полевых образцов определить априори достаточно затруднительно [24]. Тем не менее практика показывает, что для адекватного обучения и проверки объем выборок может составлять от 1000 до 25000 образцов [25, 26, 27]. Обеспечение такого количества может достигаться с помощью данных из краудсорсинга, например, Geo-Wiki [28, 29].

В случаях когда наземная выборка данных для обучения и проверки может быть нецелесообразна, предлагается использовать альтернативные подходы к сбору данных, такие как визуальная интерпретация изображений с высоким разрешением (например, спутниковое покрытие Google Earth) либо данные с высоким временным разрешением (например, временные ряды NDVI). Вместе с тем для обеспечения того, чтобы такие данные точно отражали пространственную и тематическую изменчивость, могут потребоваться экспертные знания и подготовка.

Некоторое повышение точности классификации может достигаться включением в процесс обработки дополнительных данных (таблица 1.3). В частности, наибольший эффект способны оказать такие переменные, как топография и геология. Тем не менее определение наилучшего алгоритма обработки и набора дополнительных переменных зависит от специфики системы классификации ЗП, от качества самих используемых данных и должно быть обосновано на должном уровне.

Необходимо напомнить, что в контексте КБО ООН основная задача классификации сводится к установлению фактов изменения стабильных аспектов земного покрова, включая его структуру и однородность, на фоне динамичных компонентов, к которым относятся фенология, снежный покров, паводковые воды, а также воздействие огня. В значительной мере выполнению этой задачи может способствовать анализ временных рядов дистанционного зондирования, например, отражающих ежемесячные изменения ЗП [31]. Методы картографирования земного покрова на основе показателей, учитывающих не только статические индексы, но и их изменение с течением времени, также помогают выявить нелогичные или невероятные изменения для достоверной классификации земного покрова [18].

Таблица 1.3 – Улучшение средней точности классификации после включения дополнительных данных [30]

Тип дополнительных данных	Величина повышения средней точности
Текстурные показатели	12,1 %
Топографические, геологические, радиолокационные, лидарные	8,5 %
Многоугольные данные	8,0 %
Данные временного ряда	6,9 %
Спектральные индексы	2,4 %

Для расчета статистической ошибки классификации ЗП рекомендуется использование хорошо известных методов, например, кросс-табуляции. Для этого может использоваться матрица ошибок, состоящая из строк классов карты и столбцов классов проверки (рисунок 1.1). Числа, которые располагаются вдоль диагонали, характеризуют те образцы, которые классифицированы верно. Те из них, которые располагаются за диагональю, являются ошибками. Доверительные интервалы рекомендуется указывать для каждого из значений точности в матрице ошибок [32]. Для проверки может применяться набор контрольных данных, размер и принцип формирования которых определяется аналогично используемым наборам обучающих данных.

	Validation Class 1	Validation Class 2	Validation Class 3	Commission Error
Map Class 1	p_{11}	p_{12}	p_{13}	$p_{11} / \sum p_{1i}$
Map Class 2	p_{21}	p_{22}	p_{23}	$p_{21} / \sum p_{2i}$
Map Class 3	p_{31}	p_{32}	p_{33}	$p_{31} / \sum p_{3i}$
Omission Error	$p_{11} / \sum p_{i1}$	$p_{12} / \sum p_{i2}$	$p_{13} / \sum p_{i3}$	$\sum p_{ii}$

Рисунок 1.1 – Пример трехклассовой матрицы ошибок и статистики точности [5]

Для целей отчетности КБО ООН можно использовать пространственные данные, регулярно поступающие в рамках национальных систем мониторинга и статистической отчетности при условии их пригодности для отслеживания изменений земного покрова и выявления деградации земель. Такие данные, согласованные, откалиброванные и проверенные локально, считаются более предпочтительными для создания карт ЗП как самостоятельно, так и в сочетании с региональными или глобальными наборами данных о землях (особенно при условии охвата ими широкого периода наблюдений и более высокого пространственного разрешения). Однако в некоторых случаях возможности получения данных из национальных источников ограничены или отсутствуют. При этом может быть оправдано использование глобальных наборов данных о ЗП с учетом их адаптации к местным условиям с использованием соответствующей легенды и проведением локальной проверки по определенной форме.

В настоящее время для использования по умолчанию предлагаются продукты ЕКА ПРП-ИИК версий 1.6.1 и 2.0.7. Они представляют собой растровые покрытия, состоящие из пикселей, значения в которых используются для обозначения типа или качества отображаемых переменных. Применяемая синусоидальная проекция сохраняет правильное соотношение площадей, несмотря на конформное искажение. Свободный доступ к этим продуктам предоставлен на портале <https://www.esa-landcover-cci.org>. Некоторые основные характеристики этих продуктов приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Спецификации наборов глобальных данных ЕКА ПРП-ИИК различных версий

Спецификации данных	ЕКА ПРП-ИИК (версия 1.6.1)	ЕКА ПРП-ИИК (версия 2.0.7)
Система координат	GCS_WGS_1984	GCS_WGS_1984
Проекция	Синусоидальная	Синусоидальная
Разрешение (м)	300	300
Временной охват	2000, 2005, 2010 гг.	Ежегодные обновления, за период 1992–2015 гг.
Агрегирование	Из 36 в 7 классов	Из 36 в 7 классов
Получение доступа к набору данных	Предоставлены всем странам-участ- ницам ППД НДЗ	Свободный доступ на портале

Относительно субиндикатора SO1-1 в составе набора данных (ЕКА ПРП-ИИК) версии 2.0.7 предоставляются следующие материалы: карты в формате .pdf и .tiff (с обозначением классов земного покрова, распределения земного покрова и динамики изменения классов); растровые и векторные данные в синусоидальной проекции MODIS SR-ORG:6842 и в геоцентрической проекции WGS-84; метаданные согласно ISO 19115-1:2014; таблицы отчетности по изменению общей площади и матрица изменения площади земного покрова. Например, набор данных, сформированный для Беларуси в 2018 г., включает 670 файлов, сгруппированных в 3 основных директориях.

В первой из них — «Metadata» — содержатся два файла в формате Microsoft Excel. Файл «Belarus_ISO_19_115_Metadata_LC_change_dd.xlsx» содержит сведения о данных, описывающих изменения, зафиксированные в структуре ЗП в течение периода 1992–2015 гг. Файл «Belarus_ISO_19_115_Metadata_LC_dd» включает данные об изображениях ЗП, полученных в различные годы.

В директории «Raster» файлы сгруппированы в две папки. В папке «1_WGS84_dd» находятся файлы в формате GeoTIF, поименованные по образцу: Belarus_LC_7class_2000_dd.tif — относительно ЗП, созданного для каждого конкретного года (с 2000 по 2015 гг.) и классифицированного по семи классам; Belarus_LC_22class_2000_dd.tif — относительно ЗП, созданного по годам и классифицированного по двадцати двум классам; Belarus_LC_change_7class_2000_2001_dd.tif — относительно изменений семиклассного ЗП, зафиксированных в конкретном году, а также за три установленных периода (2000–2005 гг., 2000–2010 гг. и 2000–2015 гг.); Belarus_LC_change_22class_2000_2001_dd.tif — относительно изменений двадцати двухклассного ЗП, зафиксированных в конкретном году и по установленным периодам. При этом все пространственные данные, находящиеся в этой папке, имеют географическую проекцию WGS84. В папке «2_Sinusoidal» находятся файлы в формате GeoTIF,

поименованные по образцу: Belarus_LC_7class_2000_300m.tif — относительно семиклассного ЗП, созданного в синусоидальной проекции для каждого конкретного года (с 2000 по 2015 гг.) с пространственным разрешением на местности 300 м; Belarus_LC_22class_2000_300m.tif — относительно двадцати двухклассного ЗП, созданного в синусоидальной проекции по годам с пространственным разрешением на местности 300 м; Belarus_LC_change_7class_2000_2001_300m.tif — относительно изменений семиклассного ЗП, созданного в синусоидальной проекции, зафиксированных в конкретном году и по установленным периодам; Belarus_LC_change_22class_2000_2001_dd.tif — относительно изменений двадцати двухклассного ЗП, созданного в синусоидальной проекции, зафиксированных в конкретном году и по установленным периодам.

В директории «Vector» файлы также сгруппированы в папки «1_WGS84_dd» и «2_Sinusoidal». В первой из них находятся файлы в формате *.shp («шейп»): belarus_lc_change_7class_2000_2015_dd.shp и Belarus_LC_change_7class_2000_2015agg_dd.shp — относительно изменений семиклассного ЗП, зафиксированных за период 2000–2015 гг. Эти данные имеют географическую проекцию WGS-84. Во второй папке находятся шейп-файлы: belarus_lc_change_7class_2000_2015_300m.shp и Belarus_LC_change_7class_2000_2015agg_300m.shp — относительно изменений семиклассного ЗП, зафиксированных за период 2000–2015 гг. Эти данные созданы в синусоидальной проекции.

В качестве дополнительных данных может использоваться набор SEEA-MODIS за период 2001–2012 гг. (<https://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod12.php>). Кроме того, дополнительно могут использоваться данные, представленные в виде индексов растительности и их производных продуктов, такие как: MODIS с разрешением 1 км, временной ряд с 2000 г. (<https://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php>), и Copernicus Global Land Service с разрешением 1 км (временной ряд с 1998 г.) <http://land.copernicus.eu/global/>.

Относительно субиндикатора SO1-2 в составе набора глобальных данных приводится набор данных, созданный благодаря обработке и интерпретации данных SPOT-VGT21. Он получен из 15-летнего временного ряда глобальных наблюдений за вегетационным индексом NDVI, выполняемых в 10-дневных интервалах с пространственным разрешением 1 км. Данные по умолчанию приведены в географической системе координат, основанной на эллипсоиде WGS-84, с пространственным разрешением 300 м. Основным источником исходной информации являются согласованные глобальные карты динамики продуктивности земель (ДПЗ) с пространственным разрешением 1 км, ежегодно с 1999 по 2013 гг. поставляемые проектом JRC-LPD. В наборе данных представлены 5 качественных классов тенденций в продуктивности земли: 1 — снижение, 2 — умеренное снижение, 3 — под стрессовым воздействием, 4 — стабильно, 5 — повышение.

Относительно субиндикатора SO1-3 в составе набора глобальных данных приводятся средние значения величин земных и подземных (в горизонте до 30 см) запасов почвенного органического углерода (тонна / га), полученные в 2017 г. и размещенные на портале SoilGrids (<https://www.soilgrids.org>). При этом используется система координат WGS-84. Данные интерпретированы согласно [5] и по умолчанию приведены с пространственным разрешением 300 м.

1.4. Методы оценки тенденций земельного покрытия

Для выполнения оценки субиндикатора SO1-1 предлагается сопоставление результатов классификации ЗП с аналогичными данными за предыдущий период. Начальное расчетное значение показателя, установленное на определенную дату, от которого проводят оценку произошедших изменений, принимается как исходный уровень. Он обозначается как t_0 . Для обеспечения сопоставимости

отчетных данных исходные уровни должны быть зафиксированы относительно каждого из классов земного покрова. В качестве базового рекомендуется принимать 2015 г.

Показатель целевой даты для окончательной отчетности обозначается как t_n . В качестве конкретной целевой даты окончательной отчетности по показателю ЦУР 15.3.1 определен 2030 г. Таким образом, изменения, установленные в распределении земного покрова по классам относительно t_0 и t_n , позволят определить, произошла ли деградация земель в ходе текущего 15-летнего периода. Возможна и ретроспективная оценка изменений земного покрова за период 2000–2015 гг. (для выявления земель, деградировавших к 2015 г.) при наличии соответствующих данных. Тем не менее при отсутствии полного временного ряда национальных данных допускается использование более короткого базового периода (с завершением в 2015 г.), если это позволит достаточно четко отразить классы земельного покрова. Показатель промежуточной даты оценки обозначается как t_i ($t_i \rightarrow t_n$).

Известно, что само понятие деградации земель во многом субъективно и результаты его оценки определяются национальными особенностями (в зависимости от характеристик окружающей среды и ценности земель с точки зрения тех, кто эту оценку выполняет). Признаками деградации земель в определенной мере могут считаться:

1. снижение фактической или потенциальной продуктивности земли из-за потери биомассы или уменьшения растительного покрова и питательных веществ в почве;
2. сокращение способности земли предоставлять ресурсы для жизнеобеспечения человека;
3. потеря биоразнообразия или сложности экосистем;
4. повышенная уязвимость населения и мест обитания к разрушению или кризису.

Процессы изменения состояния земель, которые могут быть описаны как переход из одного класса в другой, могут протекать быстро или постепенно [33]. Например, изменения могут происходить быстро в результате значительных нарушений окружающей среды, стихийных бедствий или вмешательства человека, но могут также быть постепенными, например, изменения в плодородии почвы, растительности или климате. В теории переход может происходить между любыми двумя классами, хотя некоторые могут быть стремительными или проходить через промежуточные состояния. Например, переход от класса леса к пастбищу может упоминаться как вырубка лесов, в то же время переход от лугов к водоему может быть определен как затопление. При этом желательно определение матрицы изменений потоков (направлений перехода), включающей все классы в национальной легенде.

Субиндикатор SO1-1 можно отнести к достаточно устойчивым показателям состояния земель, поскольку при его оценке учитываются такие элементы, как структура и однородность, а не быстро изменяемые аспекты, например, фенология растительности, снежный покров и паводковые воды или территории, подверженные пожарам. Исходя из национальной специфики необходимо определить, какие изменения и лежащие в их основе процессы считаются деградацией земель. Это может включать в себя определение переходов между классами, которые представляют специфические проблемы, такие как обезлесение, опустынивание или урбанизация. Определение конкретных потоков поможет обеспечить полный набор классов земного покрова, необходимых для мониторинга и стратификации деградации земель.

При выполнении оценки «по умолчанию» используется матрица изменений, учитывающая 6 из 7 классов земного покрова, используемых в отчетности КБО ООН (исключая водоемы), которая учитывает 30 видов возможных изменений.

Графически матрица изменения земного покрова представлена на рисунке 1.2. Здесь обозначены основные процессы изменения земного покрова, ячейкам матрицы присвоена следующая цветовая кодировка: улучшение (зеленый), стабильно (синий) или деградация (красный). Маловероятные изменения выделены желтым текстом.

КЛАСС В ИТОГЕ							
	Зоны с лесным покровом	Пастбища	Пахотные угодья	Водно-болотные угодья	Искусственные поверхности	Другие земельные участки	
КЛАСС ИЗНАЧАЛЬНО	Зоны с лесным покровом	Стабильно	Истощение растительного покрова	Облесение	Затопление	Облесение	Истощение растительного покрова
	Пастбища	Облесение	Стабильно	Расширение сельскохозяйственных угодий	Затопление	Рост городов	Истощение растительного покрова
	Пахотные угодья	Облесение	Преобразование сельскохозяйственного использования	Стабильно	Затопление	Рост городов	Истощение растительного покрова
	Водно-болотные угодья	Наступление лесов	Осушение водно-болотных угодий	Осушение водно-болотных угодий	Стабильно	Осушение водно-болотных угодий	Осушение водно-болотных угодий
	Искусственные поверхности	Облесение	Формирование растительного покрова	Расширение сельскохозяйственных угодий	Формирование водно-болотных угодий	Стабильно	Выход поселений
	Другие земельные участки	Облесение	Формирование растительного покрова	Расширение сельскохозяйственных угодий	Формирование водно-болотных угодий	Рост городов	Стабильно

Рисунок 1.2 – Графическое представление матрицы изменения земного покрова / изменения в землепользовании [4]

Аналогичным образом рекомендуется составлять матрицу изменений в случае применения национальной легенды (включающую все ее классы). В результате обработки может быть получено значительное число возможных изменений класса земного покрова (даже при использовании относительно простых легенд). Например, использование легенды, включающей 7 классов, на выходе генерирует 42 (7 x 6) возможных изменения класса земного покрова. Поэтому все они должны быть, в свою очередь, классифицированы относительно основных потоков. Пример такой классификации приведен на рисунке 1.3 и включает в себя 11 уникальных изменений земельного покрова.

Поскольку не все возможные переходы между классами отличаются логикой или правдоподобием [18], рекомендуется проводить проверку и идентификацию нелогичных или маловероятных потоков переходов в матрице, прежде чем составлять карты изменения земельного покрова.

Комплексный подход заключается в определении вероятности всех переходов в матрице и может использовать байесовские априорные вероятности для повышения точности создаваемых карт земного покрова. В некоторых случаях выявление факторов изменений земного покрова может быть весьма затруднено без привлечения данных ежегодных изменений земельного покрова и тщательной оценки внутригодовой изменчивости для отделения устойчивых и динамич-

Идентификатор потока	Описание процесса потока	Деградация
LCF1	Обезлесение	Да
LCF2	Рост городов	Да
LCF3	Истощение растительного покрова	Да
LCF4	Затопление	Да
LCF5	Осушение водно-болотных угодий	Да
LCF6	Прекращение сельскохозяйственного использования	Да
LCF7	Стабильно	Нет
LCF8	Облесение	Нет
LCF9	Расширение сельскохозяйственных угодий	Нет
LCF10	Формирование растительного покрова	Нет
LCF11	Формирование водно-болотных угодий	Нет

Рисунок 1.3 – Описание основных процессов изменения ЗП [4]

ных компонентов земного покрова. [34]. Поэтому рекомендуется ограничиваться лишь идентификацией, маркировкой потоков и их описанием, избегая объяснения причин изменений.

Для определения тенденций ЗП рекомендуется выполнение расчетов с использованием следующих алгоритмов [5]. Одним из рассчитываемых показателей является площадь деградированных земель в пределах определенного класса ЗП. При условии, что все пространственные объекты ЗП считаются однородными в момент времени t_0 и в момент времени t_1 , площадь i класса ЗП на исходном уровне рассчитывается по формуле:

$$A_{i,0} = \sum_{j=1}^n a_j X_{i,0} \quad (1)$$

где a_j — это площадь j -го объекта (например, пикселя или многоугольника), а $X_{i,0} \rightarrow \{0,1\}$ — индикатор функции, которая принимает значение единицы, если пространственные объекты имеют тип земного покрова i в момент времени t_0 .

В момент времени t_1 площадь i класса ЗП, который ухудшается (деградирует), равна:

$$A_{i,1} = \sum_{j=1}^n a_j X_{i,1}, \quad (2)$$

где $X_{i,t} \rightarrow \{0,1\}$ — это индикаторная функция, принимающая значение единицы, когда объекты изначально относятся к i -му классу ЗП и переходят в деградировавший класс к моменту времени t_i .

В этом случае доля деградировавшего типа земного покрова i определяется по формуле:

$$P_{i,1} = \frac{A_{i,1}}{A_{i,0}} \quad (3)$$

Общая площадь деградированных земель в национальном масштабе представляет собой совокупность m классов ЗП, определенных в легенде:

$$A_1 = \sum_{i=1}^m A_{i,1} \quad (4)$$

Таким же образом определяется и общая доля всех деградировавших земель относительно общей площади земель в национальном масштабе:

$$P_1 = \frac{A_1}{\sum_{i=1}^m A_{i,0}} \quad (5)$$

В случае когда пространственные объекты ЗП не считаются однородными при t_0 или t_i , значительные изменения могут быть точно определены при условии, когда $p > \alpha$. В этом случае p рассчитывается по уравнению:

$$p = \sum_{i=1}^m |P_{i,0} - P_{i,1}| \quad (6)$$

Номинально $\alpha = 0,10$ указывает на то, что происходит значительное изменение, когда 10 % или более площади объекта изменились (перешло в другой класс ЗП), в то время как $P_{i,0}$ и $P_{i,1}$ являются начальными и конечными удельными значениями каждого из m классов ЗП. Базовая удельная площадь ЗП в момент времени t_0 составляет следующие пропорции:

$$A_{i,0} = \sum_{j=1}^n a_j P_{i,0} \quad (7)$$

В момент времени t_i площадь деградировавшего класса ЗП i накапливается только по тем признакам, где было показано, что изменение является значительным:

$$A_{i,1} = \sum_{j=1}^n a_j P_{i,1} X_{i,1}, \quad (8)$$

где индикаторная функция $X_{i,t} \rightarrow \{0,1\}$ принимает значение единицы для объектов, в которых p указывает на существенное изменение. Для расчета доли деградировавших земель по классам ЗП, общей площади всех деградировавших земель и общей доли всех деградировавших земель в национальном масштабе как и в предыдущем случае рекомендуется использовать формулы 3–5.

В конечном итоге из полученных значений могут формироваться отчетные материалы по деградации земель в виде таблицы (рисунок 1.4)

Class	Class Area at t_0	Area Degraded at t_1	Proportion Degraded at t_1
C_1	$A_{1,0}$	$A_{1,1}$	$P_{1,1}$
C_2	$A_{2,0}$	$A_{2,1}$	$P_{2,1}$
...	...	...	...
C_m	$A_{m,0}$	$A_{m,1}$	$P_{m,1}$
Total			P_1

Рисунок 1.4 – Пример таблицы отчета по деградации земель (в разрезе классов ЗП) [5]

1.5. Определение показателей прогресса и формирование отчетной документации КБО ООН

Отчетность КБО ООН предоставляется каждые четыре года в соответствии с рекомендуемыми циклами отчетности КБО ООН [35]. Для полной характеристики SO1-1 предлагается использовать следующие отчетные материалы:

1. Два набора данных о земном покрове, один из которых определяет базовое состояние (t_0), другой определяет состояние земного покрова на отчетную дату (t_n).

2. Данные об изменении земного покрова, включая:

- изменения земного покрова, идентифицированные в каждой ячейке сети (пикселе);
- общую площадь каждого из основных классов земного покрова;
- сведения, указывающие, является ли изменение «ухудшением» или «не ухудшением» для каждого пикселя исходных данных о земном покрове;
- карту, которая указывает на вероятность деградации земель.

3. Результаты проверки состояния земельного покрова для районов, определенных ранее как деградированные.

4. Результаты обоснования, почему земли, идентифицированные ранее как деградированные, не должны учитываться в общем расчете показателя.

5. Результаты обоснования, почему земли, не идентифицированные ранее как деградированные, должны учитываться в общем расчете показателя.

6. Результаты оценки изменений земного покрова за все промежуточные и окончательные отчетные периоды относительно базового уровня (t_0).

Полученные данные оценки SO1-1 используются, прежде всего, для оценки целевого показателя ЦУР 15.3.1, который представляет собой двоичную количественную оценку (деградировано / не деградировано), основанную на анализе имеющихся данных для трех субиндикаторов. Его единицей измерения является удельная площадь, выраженная как доля (или процент) деградированных земель по отношению к общей площади земель. Метод расчета целевого показателя ЦУР 15.3.1 основывается на базовой оценке и оценке изменений в субиндикаторах и может рассчитываться исходя из статистического принципа «Один решает» (1OAO) [5]. При невысоком доверии данным стороны вправе принимать решение с учетом сразу двух или даже трех факторов.

В контексте НДЗ этот принцип применяется с учетом изменений в субиндикаторах, которые обозначаются как:

- положительные или улучшающиеся;
- отрицательные или снижающиеся;
- стабильные или неизменные.

В случае если любой из субиндикаторов показывает значительное отрицательное изменение, это считается потерей (и наоборот — если хотя бы один индикатор показывает положительную тенденцию, а все остальные не показывают отрицательной тенденции, это считается приростом). Одновременно, если субиндикатор отрицателен (или стабилен при ухудшении на базовом или предыдущем уровне мониторинга) для конкретной земельной единицы, то она будет рассматриваться как деградированная.

Одновременное привлечение к оценке сразу трех субиндикаторов повышает достоверность получаемых результатов, поскольку каждый из них учитывает изменения различными, дополняющими друг друга способами [5]. Например, субиндикатор SO1-2 фиксирует относительно быстрые изменения продуктивности земель, в то время как субиндикатор SO1-3 отражает более медленные изменения в запасах углерода. Тем не менее полученные результаты оценки до окончательного утверждения требуют согласования с другими данными о деградированных землях и информацией, полученной наземными методами на национальном уровне.

1.6. Выводы по разделу 1

Показатель SO1-1 является одним из важнейших субиндикаторов прогресса в достижении нейтрального баланса деградации земель (НДЗ). Он отражает площадь отдельных классов ЗП, представленных на национальном уровне, исходя из классификации КБО ООН, а также их долю от общей площади ЗП. Наблюдение за динамикой SO1-1 позволяет оценить тенденции изменения ЗП, выраженные как рост или снижение площади разных классов земного покрова за счет их перехода в другие классы.

Согласно системе классификации, применяемой для целей отчетности КБО ООН, вся поверхность суши разделяется на 7 классов: лесопокрываемые земли, луговые земли, пахотные земли, заболоченные земли, искусственные поверхности, лишенные покрова и другие земли, водные объекты. Национальные либо иные международные системы классификации ЗП, планируемые к применению, могут иметь большее число классов, однако весь их набор должен иметь возможность дезагрегации исходя из основных семи.

Выявление изменений ЗП происходит путем сопоставления двух наборов данных о ЗП, имеющих точную привязку к местности и созданных на единой методической базе (с одинаковым пространственным разрешением, единой схемой классификации ЗП, соизмеримой оценкой точности). Один из них характеризует исходный уровень (t_0), другой — состояние земель на отчетную дату (t_n).

Зафиксированный переход конкретного участка ЗП из одного класса в другой оценивается как «улучшение» либо «ухудшение» относительно их способности дальнейшего предоставления экосистемных услуг, которые считаются желательными в местном или национальном контексте. Направления переходов (поток данных), объективно характеризующие определенные процессы, кодируются (цветом) и интерпретируются путем составления «матрицы изменения площади ЗП».

Так как только часть выявленных изменений может быть идентифицирована как проявления деградации земель, то результаты количественной оценки, прежде чем войти в состав отчетных материалов КБО ООН, требуют перепроверки и обоснования, исходя из национальной специфики.

Методология расчета SO1-1 предусматривает многоуровневый подход. При этом «по умолчанию» рекомендовано использование в качестве исходного набора глобальных данных Инициативы по изменению климата Европейского космического агентства версии 2.0.7. Этот продукт представляет собой растровое покрытие, отражающее распределение земельных ресурсов со следующими техническими характеристиками: система координат — GCS_WGS_1984; разрешение на местности — 300 м; временной охват — ежегодные обновления за период 1992–2015 гг., система классификации — 36 классов ЗП по классификации ЕКА ПРП-ИИК; предоставление данных — посредством геопортала (<https://maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/>). Предоставляются следующие элементы набора данных: карты в формате pdf и tiff (с обозначением классов земного покрова, распределения земного покрова и динамики изменения классов); растровые и векторные данные в синусоидальной проекции MODIS SR-ORG:6842 и в геоцентрической проекции WGS-84 ; метаданные.

Вместе с тем более предпочтительным считается использование национальных данных (полученных в процессе различных программ мониторинга, дистанционных и наземных съемок и т. д.) и соответственно специально разработанных под них методик обработки и расчета целевых индикаторов. При этом к ЗП предъявляется ряд минимальных требований, наиболее критичными из которых являются: доступность временных рядов за период 2000–2015 гг.; возможность регулярных обновлений в дальнейшем; разрешение на местности — 300 м; однозначность и завершенность системы классификации, стандартное представление метаданных.

2. ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ ЗЕМЕЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ КБО ООН

2.1. Земельно-информационная система Республики Беларусь

В настоящее время одним из наиболее качественных государственных ресурсов пространственных данных в Республике Беларусь (с точки зрения актуальности, точности и тематической наполненности информацией о земле) является земельно-информационная система Республики Беларусь. В соответствии с определением, данным в Кодексе о земле Республики Беларусь [36], ЗИС является комплексом программно-технических средств, баз пространственно-атрибутивных данных, каналов информационного обмена и других ресурсов, обеспечивающим автоматизацию накопления, обработки, хранения и предоставления сведений о состоянии, распределении и использовании земельных ресурсов в электронном виде, в том числе средствами геоинформационных технологий.

Возникновению ЗИС послужил пилотный проект по созданию земельного и экологического кадастров на базе Солигорского района. Эти работы проводились с марта 1994 г. по июль 1996 г. при финансовой поддержке Правительства Швейцарской Конфедерации. В дальнейшем было принято решение распространить полученный опыт при разработке ЗИС на всю территорию Республики Беларусь. Хронология создания ЗИС и охвата всей территории страны отражена на картосхеме, приведенной на рисунке 2.1. В настоящее время выполняется ведение (эксплуатация) ЗИС — процесс поддержания данных о распределении и использовании земельных ресурсов в актуальном и достоверном состоянии, с определенной степенью точности. Даты последнего обновления локальных ЗИС отражены на картосхеме, приведенной на рисунке 2.2.

В основу порядка создания и ведения (эксплуатации, обновления) системы был положен ряд технических нормативных правовых документов [37]. В соответствии с ними основной целью ЗИС является информационное обеспечение задач государственного регулирования и управления в области охраны и использования земель. В ее рамках ЗИС решает целый ряд задач:

- обеспечение полными и достоверными данными о земельных ресурсах органов государственного управления, местных исполнительных и распорядительных органов, юридических лиц, индивидуальных предпринимателей и граждан;
- автоматизация ведения мониторинга земельных ресурсов;

«МЕТОДИКА СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ ДАННЫХ И ДАННЫХ ЗЕМЕЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ НАЦИОНАЛЬНОЙ ОТЧЕТНОСТИ В РАМКАХ КОНВЕНЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ ПО БОРЬБЕ С ОПУСТЫНИВАНИЕМ В ТЕХ СТРАНАХ, КОТОРЫЕ ИСПЫТЫВАЮТ СЕРЬЕЗНУЮ ЗАСУХУ И/ИЛИ ОПУСТЫНИВАНИЕ, ОСОБЕННО В АФРИКЕ»

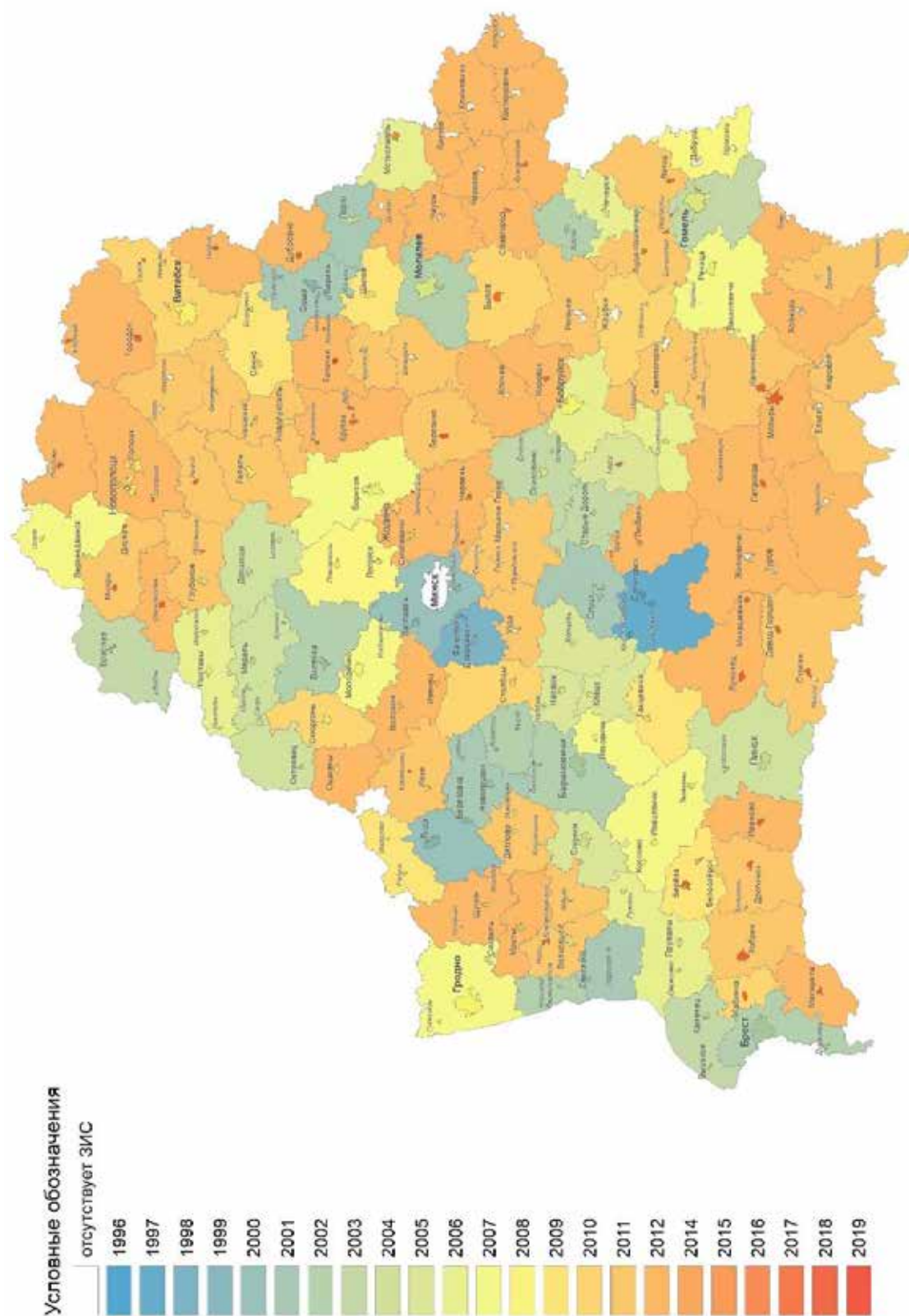


Рисунок 2.1 – Хронология создания ЗИС

«МЕТОДИКА СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ ДАННЫХ И ДАННЫХ ЗЕМЕЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ НАЦИОНАЛЬНОЙ ОТЧЕТНОСТИ В РАМКАХ КОНВЕНЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ ПО БОРЬБЕ С ОПУСТЫНИВАНИЕМ В ТЕХ СТРАНАХ, КОТОРЫЕ ИСПЫТЫВАЮТ СЕРЬЕЗНУЮ ЗАСУХУ И/ИЛИ ОПУСТЫНИВАНИЕ, ОСОБЕННО В АФРИКЕ»

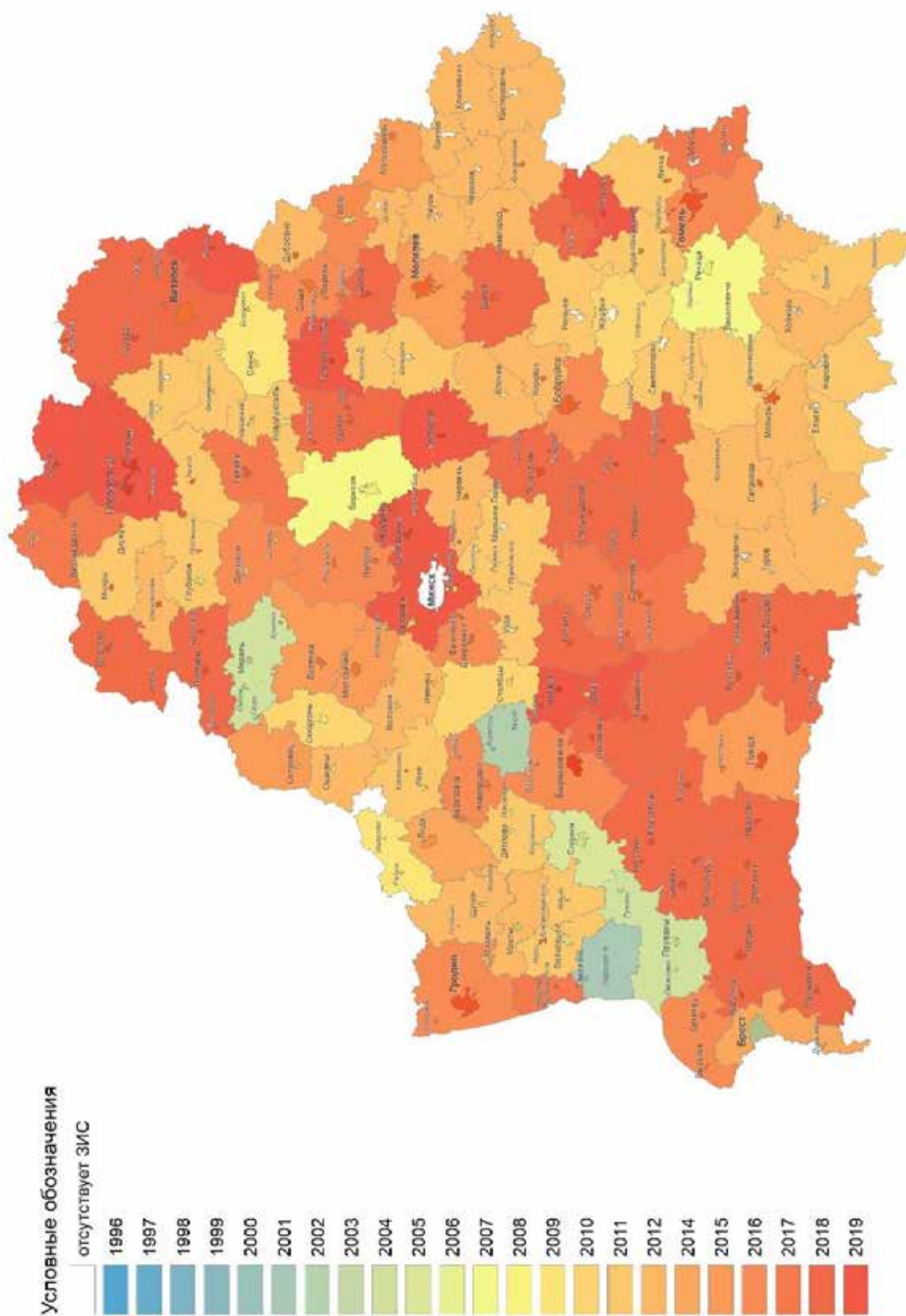


Рисунок 2.2 – Хронология обновления ЗИС

– формирование ведомственной статистической отчетности о состоянии и использовании земельных ресурсов.

Как государственный информационный ресурс ЗИС состоит из совокупности баз данных (БД ЗИС). Структура ЗИС определяется следующими пространственными и временными характеристиками. БД ЗИС создаются в административных границах районов, городов и поселков городского типа, являющихся административными центрами районов. Состав объектов ЗИС территорий района и городов (поселков городского типа) не различается по степени детализации. ЗИС городов областного подчинения представлены отдельной БД ЗИС. Формирование единой информационной инфраструктуры ЗИС в пределах Республики Беларусь и ее областей осуществляется суммированием баз данных ЗИС средствами и в соответствии с правилами ведения Геопортала ЗИС. Так как работы по обновлению ЗИС проводятся в течение всего календарного года, то БД ЗИС подразделяются на рабочую и эталонную версии, в зависимости от требований к изменению информации, и отражают ее состояние на определенную дату. Это позволяет составлять временные ряды, необходимые для оценки показателей прогресса.

При разработке концепции ЗИС в основу были заложены следующие требования к математической основе картографической модели.

Допуск неразличимости для обеспечения единства измерений при векторном описании пространственных объектов БД ЗИС определяется равным 0,01 м (один сантиметр). В пределах допуска неразличимости БД ЗИС должны быть согласованы между собой по внешним границам информационных слоев.

Геодезической основой БД ЗИС в плановом положении служат пункты государственной геодезической сети; в высотном положении — пункты государственной нивелирной сети Республики Беларусь. БД ЗИС создается в равноугольной поперечно-цилиндрической проекции Гаусса–Крюгера, вычисляемой в трехградусных зонах на референц-эллипсоиде Красовского, в прямоугольной государственной системе координат 1963 года (СК-63). В случае если БД ЗИС расположена на стыке двух смежных зон, то она создается в системе координат той зоны, в которой расположена большая по площади часть БД ЗИС.

Несмотря на то, что за 25 лет основная концепция ЗИС не изменилась, в требованиях по точности все же произошли некоторые изменения. В период с 1996 по 2002 гг. ЗИС создавалась со следующей точностью и характером детализации (объектовым составом): масштаб 1:2000 на территории населенных пунктов; масштаб 1:10000 на межселенную территорию, включая лесные территории. В период с 2003 по 2009 гг.: масштаб 1:2000 на территории городов областного подчинения и городов (городских поселков); масштаб 1:10000 на территории сельских населенных пунктов и межселенную территорию. В период с 2010 по 2017 гг.: масштаб 1:2000 на территории городов областного подчинения и городов (городских поселков); масштаб 1:10000 на территории сельских населенных пунктов и межселенную территорию, за исключением лесных земель; исключены информационные слои «Ограждения» (Fence) и «Аннотации» (Texts). Начиная с 2018 г. базовым масштабом по точности и объектовому составу является 1:10000 на всю территорию республики. Объектовый состав ЗИС на территории лесных земель значительно ограничен.

Таким образом, средние погрешности в плановом положении объектов местности и четких контуров относительно ближайших пунктов геодезической основы не должны превышать следующих значений для ЗИС, создаваемых с точностью карты масштаба:

– 1:10000 — 5 м, а во взаимном положении точек близлежащих четко опознаваемых контуров не должны превышать 3 м;

– 1:2000 — 2 м, а во взаимном положении точек близлежащих четко опознаваемых контуров не должны превышать 1 м.

Требования по информационному наполнению БД ЗИС определяются необходимостью предоставлять сведения о ретроспективном и современном состоянии земельных ресурсов. Поэтому в БД ЗИС хранятся пространственные и атрибутивные данные землеустроительного, земельно-кадастрового и иного содержания, включая сведения:

- о земельных участках, их границах и административно-территориальной принадлежности;
- о зонах ограничений (обременений) прав на земельные участки;
- о землепользователях;
- о видах, подвидах и разновидностях земель и их мелиоративном состоянии;
- о распределении земель по категориям, видам прав на землю и ограничениям (обременениям) прав на земельные участки;
- о текущих изменениях в составе и распределении земель;
- об иных элементах пространственной основы.

Пространственно-атрибутивная информация БД ЗИС организована в виде информационных слоев, формирующих векторные и табличные данные. Группа слоев «Земли» включает полигональные слои «Земельное покрытие» (Land) и «Мелиоративное состояние земель» (Melio). Содержание каждого из них может представлять определенный интерес для формирования национальных данных в контексте КБО ООН. Так, слой «Land» содержит информацию о контурах земель, выделяемых по природно-историческим признакам, состоянию и характеру их использования, а слой «Melio» — о контурах земель, подвергнутых гидротехнической мелиорации (особенно уязвимых для процессов деградации в условиях Беларуси). Справочная таблица «Типы земель» (Types) содержит коды верхнего уровня, определяющие вид земель в слое «Land», а справочная таблица «Подтипы (виды) земель» (LandCodes) — коды, определяющие подвид или разновидность земель, структурированные по видам в соответствии с системой классификации. Справочная таблица «Пояснительные подписи земель» (LandTexts) используется для подготовки качественных планово-картографических материалов и содержит уникальные значения условных сокращений и (или) иных подписей, характеризующих контуры земель, структурированные по видам.

Источниками информации для создания (обновления) БД ЗИС служат материалы аэро- или космосъемки (ортофотопланы), исходные картографические, отчетные, учетные, инженерно-экономические, справочные и иные материалы и данные. К ним могут быть отнесены: реестр административно-территориальных и территориальных единиц, реестр наименований улиц и единый государственный регистр недвижимого имущества, прав на него и сделок с ним; отчет о наличии и распределении земель (форма 22-зем); нормативно-правовые акты в отношении юридических лиц и граждан; различные ведомственные списки, схемы расположения инженерной инфраструктуры, данные о радиационном загрязнении и т. п. Сбор и систематизация информации о текущих изменениях в составе и распределении земель, ее изучение и анализ, определение возможности использования, выполняется постоянно в процессе ведения БД ЗИС.

Дешифрирование ДДЗ при создании (обновлении) ЗИС осуществляется камеральным способом и состоит в формировании объектов информационных слоев ЗИС по ортофотопланам с определенной точностью. При этом используются дополнительные планово-картографические материалы. Требования по точности цифрования границ контуров и иных объектов следующие:

- погрешность опознавания границ контуров и иных объектов, отчетливо отобразившихся относительно видимой фотолинии, не должна превышать 3 м для территории ЗИС района и 0,6 м для территории ЗИС, являющейся административным центром района с точностью карты масштаба 1:2000;

– расхождения между двумя определениями при нанесении контуров и иных объектов, имеющих отчетливые границы, но не отобразившихся на ортофотоплане, не должны превышать 5 м для территории ЗИС района и 1 м для территории ЗИС, являющейся административным центром района с точностью карты масштаба 1:2000;

– расхождения между двумя определениями при нанесении контуров, не имеющих выраженной границы на ортофотоплане (например, граница между суходольными и заболоченными луговыми землями), не должны превышать 15 м;

Дешифрированию подлежат полигональные и линейные объекты, наименьшая площадь и длина которых приведены в таблице 2.1. Значения площади и длины приведены для территории ЗИС района (точность масштаба 1:10000) и территории, являющейся административным центром района с точностью карты масштаба 1:2000.

Таблица 2.1 – Полигональные и линейные объекты ЗП, подлежащие дешифрированию [37]

Наименование объектов	Наименьшие площади полигональных и длины линейных объектов	
	М:10000	М:2000
– пахотные земли*; – луговые улучшенные земли*	400 м ²	
Естественные луговые земли*	1000 м ²	
– болота*; – выгоревшие торфяники*	5000 м ²	
– лесные земли (покрытые и не покрытые лесом)*; – древесно-кустарниковая растительность	10000 м ²	1000 м ²
– каналы (канавы); – ручьи	100 м	50 м
*Дешифрированию подлежат также полигональные объекты указанной наименьшей площади всех иных видов земель, расположенные внутри сформированного объекта		

Подготовка исходных данных, формирование БД ЗИС, защита, контроль и восстановление ее информации в ходе эксплуатации осуществляется с использованием следующего ряда базового и специализированного ПО: операционная система Microsoft Windows; офисный пакет приложений, созданных корпорацией Microsoft; антивирусные программы, архиваторы данных и иные; геоинформационная система платформы ArcGis (семейство программных продуктов компании ESRI), обеспечивающая обработку растровой картографической информации, цифрование и редактирование пространственно-атрибутивной информации объектов ЗИС по данным ДЗЗ и картографическим материалам, проверку топологической корректности слоев ЗИС и иное; программы, предназначенные для составления форм ведомственного учета земель и формы № 22-зем «Отчет о наличии и распределении земель» по данным ЗИС [37].

2.2 Технология создания карт земельного покрытия по данным ЗИС

Разработка технологии создания цифровой модели земельного покрытия на основе ЗИС опиралась на исследования, результаты которых изложены выше. В результате, применительно к целям и задачам выполняемых работ, была установлена следующая принципиальная последовательность этапов обработки исходных данных, которая в конечном итоге обеспечивает оптимизацию производственного процесса:

1. Изучение технических характеристик предоставленного набора глобальных данных для возможности их воспроизведения.
2. Поиск исходных источников национальных данных.
3. Определение оптимальной схемы классификации ЗП.
4. Формирование рабочей файловой среды для создания набора национальных данных.
5. Переклассификация и визуализация исходных данных.
6. Конвертация векторных исходных данных в растровый формат.
7. Сшивка растрового покрытия на всю территорию Республики Беларусь.
8. Проецирование растрового покрытия в синусоидальную проекцию.
9. Изменение пространственного разрешения растрового покрытия.

В свою очередь этапы включают ряд шагов, которые определяются конкретными технологическими операциями, необходимыми для достижения конкретных результатов. При этом в определенных обстоятельствах работы восьмого и девятого этапов могут быть совмещены. Выполнение всего приведенного выше комплекса работ должно обеспечить создание набора национальных данных с характеристиками, аналогичными наборам глобальных данных, предоставляемых в рамках КБО ООН.

На первом этапе выполняется изучение всех характеристик набора глобальных данных, предоставленных в рамках КБО ООН, с целью создания набора национальных данных с аналогичными характеристиками. Для этого выполняется следующий ряд шагов:

- 1.1 Получить набор глобальных данных на территорию Республики Беларусь в рамках КБО ООН.



Рисунок 2.3. Главная веб-страница ESA CCI Land cover website

1.1.1 Открыть веб-страницу «300-метровые ежегодные глобальные земные покрытия временного ряда с 1992 по 2015 гг.» по адресу <https://www.esa-landcover-cci.org> (рисунок 2.3).

1.1.2 Заполнить идентификационную форму по адресу <https://maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/download.php> с указанием адреса электронной почты.

1.1.3 Выполнить запрос на получение набора глобальных данных на территорию Республики Беларусь в рамках КБО ООН.

1.1.4 Открыть страницу почтового сервиса по указанному адресу и перенести на жесткий диск архивный файл, полученный от ESA CCI Land cover.

1.2 Произвести загрузку и открыть набор глобальных данных с помощью специализированного ПО (ArcGis, Qgis и т. п.).

1.3 Изучить характеристики набора глобальных данных, используя инструменты ПО, предназначенные для отображения свойств данных.

Результатом выполнения работ первого этапа можно считать список выявленных значений конкретных характеристик набора глобальных данных, в частности относительно: файлового состава и структуры данных, системы обозначения файлов, системы координат, состава легенды, системы условных знаков, размеров ячейки растров, количества ячеек, пространственных пределов растров, спектральной структуры изображения, точек привязки и т. д.

Целью второго этапа работ является поиск исходных источников национальных данных, удовлетворяющих требованиям КБО ООН. На этом этапе выполняется следующий ряд шагов:

2.1 Получить доступ к локальным БД ЗИС, актуальным по состоянию на определенную дату.

2.2 Выполнить выборку необходимых информационных слоев из каждой локальной БД ЗИС (класс пространственных объектов «Виды земель» (Land).

2.3 Произвести копирование выбранных данных во временную БД.

Результатом выполнения работ второго этапа можно считать временную БД, наполненную классами пространственных объектов «Виды земель» (Land) по числу административно-территориальных единиц Республики Беларусь и сохраненную под определенным именем, например, «ТЕМРМОВ».

Целью третьего этапа работ является составление схемы пространственной агрегации классов, исходя из системы классификации ЗП, предлагаемой в рамках отчетности КБО ООН. Изначально в ЗИС учитывалось 26 типов и 142 подтипа земель. Излишняя дифференцированность привела к тому, что часть из этих таксонов никогда не использовалась. В различные годы нашло применение 133 таксона (соответствующих подтипам земель) и из них 59 уже можно считать неактуальными. Таким образом, максимальную унификацию с глобальными данными для ЗИС, созданных в различные периоды времени, способна обеспечить схема агрегации 133 таксонов ЗИС, используемых в разное время, с переходом к 7 основным классам земельного покрытия ЕКА ПРП-ИИК. На этом этапе выполняется сопоставление описаний классов в системе, разработанной в рамках отчетности КБО ООН [4], и данных из справочной таблицы типов, подтипов и подписей слоя «Виды земель» [37]. Результатом выполнения работ третьего этапа можно считать таблицу, демонстрирующую связи таксонов обеих систем классификации, аналогичную приведенной в приложении А (соответствующих подтипам земель).

В настоящее время в справочной таблице типов, подтипов и подписей слоя «Виды земель» насчитывается 21 тип и 74 подтипа земель. К актуальным разновидностям земель относятся: пахотные (2), залежные (1), под постоянными культурами (5), луговые (16 = 3+13), лесные (21), под древесно-кустарниковой растительностью (6), под болотами (3), под водными объектами (7), под дорогами (16), общего пользования (8), под застройкой (14), нарушенные (6), неиспользуемые (9), иные (18). Усадебные земли (код 67) разделяются по коэффициентам, и в первом

приближении их можно отнести к землям под застройкой. К иным землям добавляется код 99, т. к. зачастую он используется для обозначения этого вида земель наравне с кодом 666.

Целью четвертого этапа работ является формирование рабочей файловой среды для создания набора национальных данных. На этом этапе выполняется следующий ряд шагов:

4.1 Создать файловую БД для векторных геоизображений и сохранить ее с именем по типу «Lands_****.gdb», где **** — обозначение года.

4.2 Перенести (копировать) из временной БД все данные локальных ЗИС в новую файловую БД, при этом каждый слой (класс пространственных объектов) должен получить новое имя, набранное кириллицей по типу «##_^^^^^^^^^^^^^^», где ## — обозначение административной области (таблица 2.2), а ^^^^^^^^^^^^^^^ — обозначение административного района Республики Беларусь.

4.3 Структурировать и группировать слои в файловой БД по административным районам.

4.4 Добавить новое поле в таблицы атрибутов каждого из созданных векторных слоев со следующими свойствами: имя — UNCCD, тип — short.

Таблица 2.2 — Обозначение административных областей Республики Беларусь в наименовании класса пространственных объектов файловой БД

Область	Обозначение
Брестская	Бр
Витебская	Вт
Гомельская	Гм
Гродненская	Гр
Минская	Мн
Могилевская	Мг

4.5 Создать векторный слой с линейным классом пространственных объектов «Границы административных районов Республики Беларусь».

4.6 Выполнить визуальную проверку полноты заполнения пространственными данными всей территории Республики Беларусь с использованием векторного слоя «Границы административных районов Республики Беларусь».

4.7 Создать файловую БД для растровых геоизображений и сохранить ее с именем по типу «Rasters_****.gdb», где **** — обозначение года.

Результатом выполнения работ четвертого этапа можно считать две файловые БД (одна из которых наполнена поименованными растровыми классами пространственных объектов по числу административно-территориальных единиц Республики Беларусь), структурированные и сохраненные под определенными именами (рисунок 2.4).

Целью пятого этапа работ является переклассификация исходных данных и оформление их визуализации по аналогии с глобальными данными. На этом этапе выполняется следующий ряд шагов:

«МЕТОДИКА СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ ДАННЫХ И ДАННЫХ ЗЕМЕЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ НАЦИОНАЛЬНОЙ ОТЧЕТНОСТИ В РАМКАХ КОНВЕНЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ ПО БОРЬБЕ С ОПУСТЫНИВАНИЕМ В ТЕХ СТРАНАХ, КОТОРЫЕ ИСПЫТЫВАЮТ СЕРЬЕЗНУЮ ЗАСУХУ И/ИЛИ ОПУСТЫНИВАНИЕ, ОСОБЕННО В АФРИКЕ»

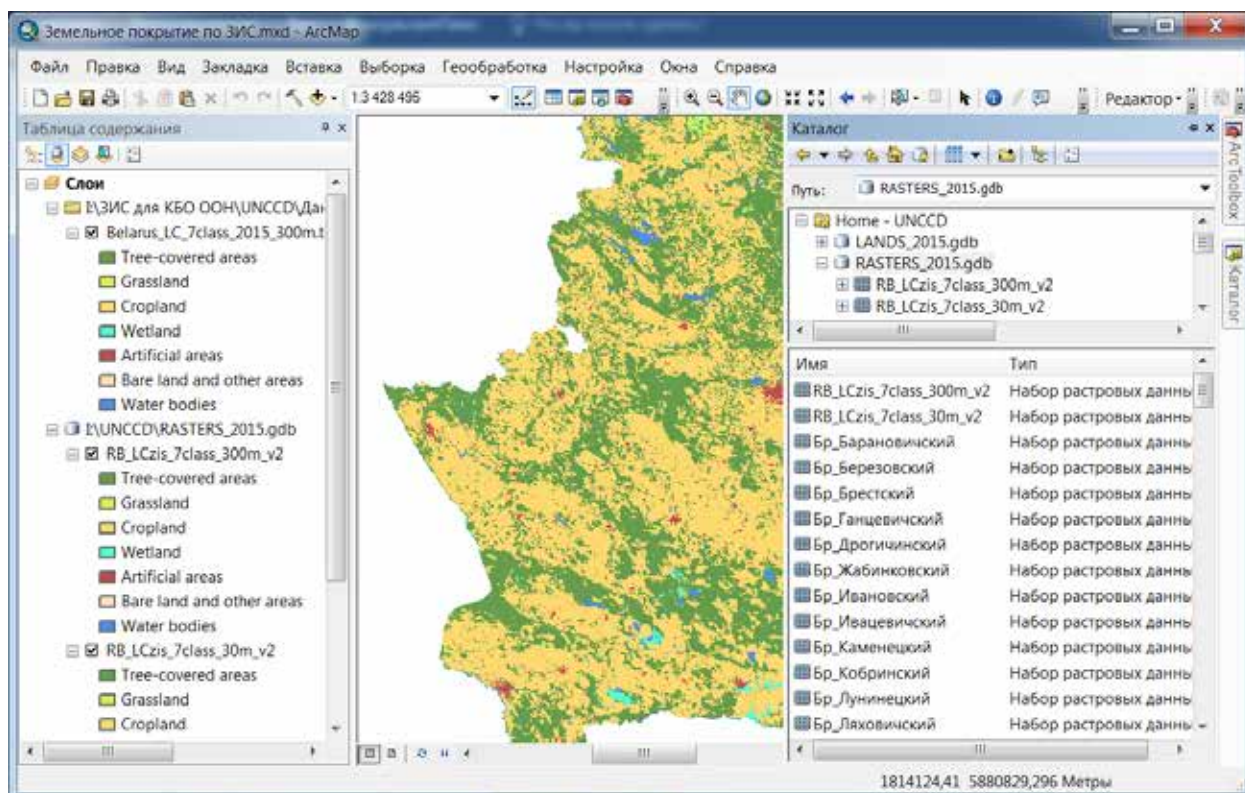


Рисунок 2.4 – Окно каталога с файловой БД для растровых геоизображений

5.1 Составить выражение для инструмента ПО «Калькулятор поля» по типу представленного в приложении Б.

5.2 Вычислить поле UNCCD в таблицах атрибутов каждого из созданных векторных слоев.

5.3 Создать легенду для визуализации пространственных данных по аналогии с легендой карты ЕКА ПРП-ИИК (7 классов) [14].

5.4 Обозначить все классы пространственных объектов в соответствии с подобранной цветовой схемой и сохранить их свойства в БД.

Результатом выполнения работ пятого этапа можно считать файловую БД для векторных геоизображений, структурированную и дополненную полигональными классами пространственных объектов по числу административно-территориальных единиц Республики Беларусь, классифицированными в соответствии с системой, используемой в рамках отчетности КБО ООН [4] (рисунок 2.5).

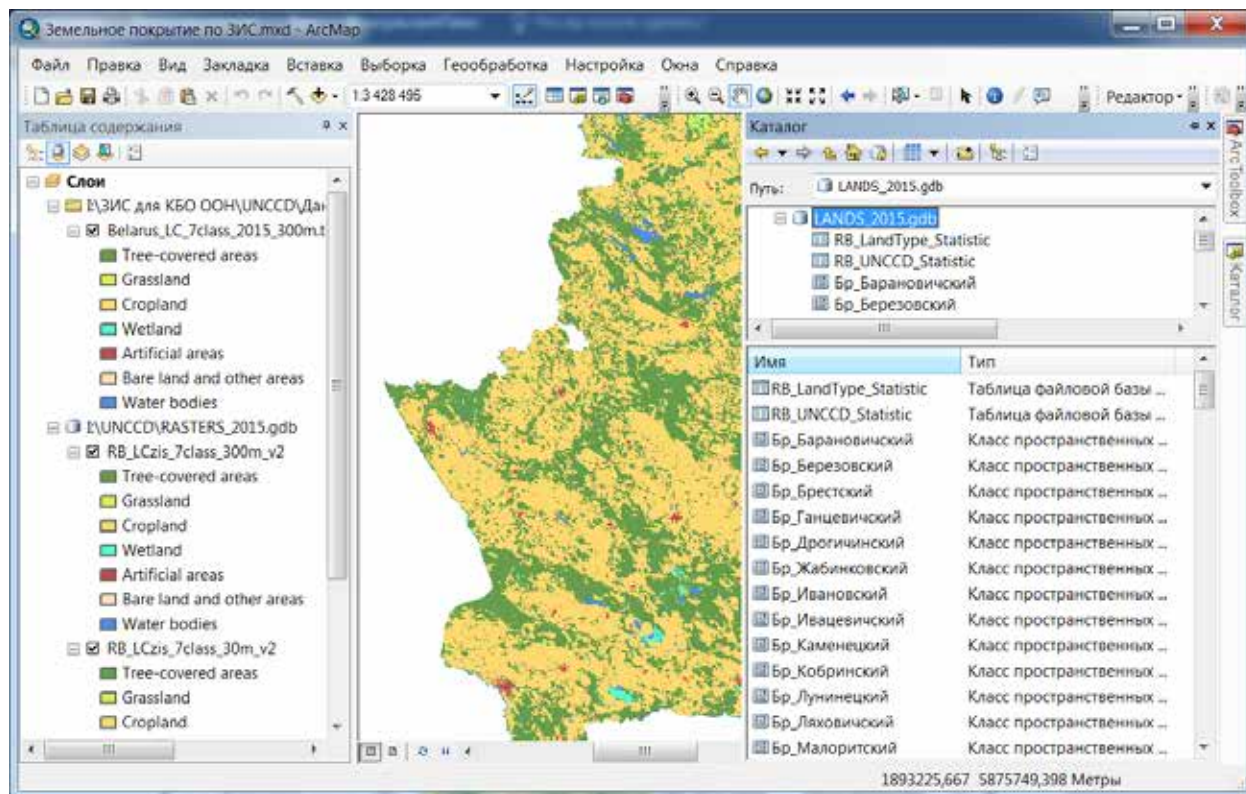


Рисунок 2.5 – Окно каталога с файловой БД для векторных геоизображений

Целью шестого этапа работ является конвертация исходных векторных данных в растровый формат с одновременным снижением их пространственного разрешения и выполнением генерализации. На этом этапе выполняется следующий ряд шагов:

6.1 Создать в растровой файловой БД растровые слои на основании векторных данных локальных ЗИС из векторной файловой БД с помощью инструмента ПО «Объекты в растр» (с размером выходной ячейки 30×30 м) и поименовать их кириллицей по типу «##_ЛЛЛЛЛЛЛЛЛЛЛЛ_LCzis_7class_****_dd», где ## — обозначение административной области, а ЛЛЛЛЛЛЛЛЛЛЛЛ — обозначение административного района Республики Беларусь.

6.2 Выполнить визуальную проверку полноты заполнения растровыми пространственными данными всей территории Республики Беларусь с использованием векторного слоя «Границы административных районов Республики Беларусь».

Результатом выполнения работ шестого этапа можно считать файловую БД для растровых геоизображений, структурированную и наполненную растрами с размером выходной ячейки 30×30 м по числу административно-территориальных единиц Республики Беларусь и классифицированными в соответствии с системой, используемой в рамках отчетности КБО ООН.

Целью седьмого этапа работ является создание бесшовных растровых покрытий на всю территорию Республики Беларусь по годам. На этом этапе выполняется следующий ряд шагов:

7.1 Создать в растровой файловой БД набор растровых данных, характеризующих состояние ЗП в конкретном году с помощью инструмента ПО «Мозаика» (с размером выходной ячейки 30×30 м) и поименовать их по типу «Belarus_LCzis_7class_****_dd», где **** — обозначение года.

7.2 Выполнить визуальную проверку полноты заполнения вновь полученными растровыми пространственными данными всей территории Республики Беларусь с использованием векторного слоя «Границы административных районов Республики Беларусь».

Результатом выполнения работ седьмого этапа можно считать файловую БД для растровых геоизображений, дополненную наборами растровых данных (бесшовными растровыми покрытиями) на всю территорию Республики Беларусь по годам с размером выходной ячейки 30×30 м (рисунок 2.6).

Целью восьмого этапа работ является проецирование растрового покрытия в синусоидальную проекцию. На этом этапе выполняется следующий ряд шагов:

8.1 Создать в растровой файловой БД набор растровых данных, характеризующих состояние ЗП в конкретном году и имеющих синусоидальную проекцию, с помощью инструмента ПО «Перепроецировать растр» (параметры: выходная система координат — World_Sinusoidal, методы — по умолчанию, размер выходной ячейки 30×30 м, регистрационная точка — координаты нижнего левого угла любой ячейки исходного растра) и поименовать их по типу «Belarus_LCzis_7class_****_30m», где **** — обозначение года.

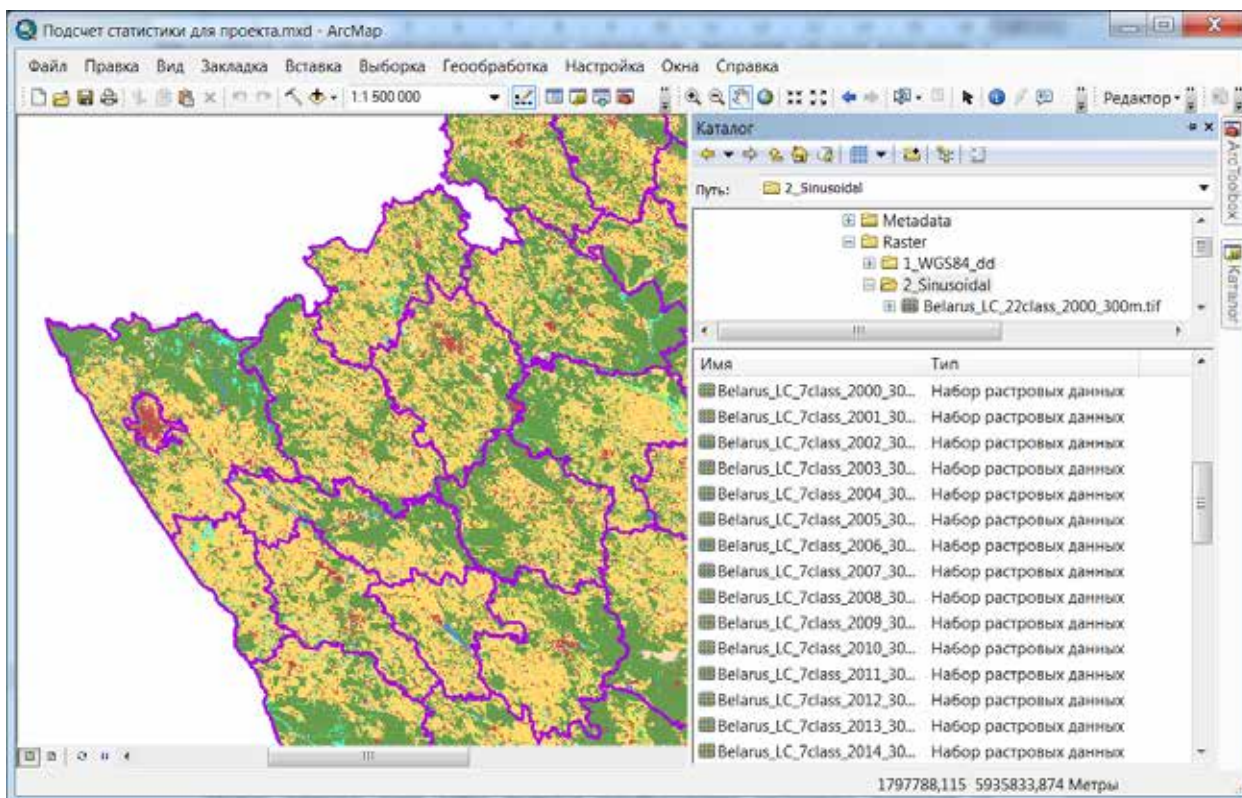


Рисунок 2.6 – Окно каталога с файловой БД, наполненное растрами с размером выходной ячейки 30×30 м

8.2 Выполнить визуальную проверку полноты заполнения вновь полученными растровыми пространственными данными всей территории Республики Беларусь с использованием векторного слоя «Границы административных районов Республики Беларусь».

Результатом выполнения работ восьмого этапа можно считать файловую БД для растровых геоизображений, дополненную наборами растровых данных (бесшовными растровыми покрытиями) на всю территорию Республики Беларусь по

годам с размером выходной ячейки 30×30 м и имеющих синусоидальную проекцию (рисунок 2.7).

Целью девятого этапа работ является преобразование растрового покрытия со снижением его пространственного разрешения и выполнением генерализации. На этом этапе выполняется следующий ряд шагов:

9.1 Создать в растровой файловой БД набор растровых данных, характеризующих состояние ЗП в конкретном году и имеющих пространственное разрешение 300 м, с помощью инструмента ПО «Изменить разрешение растра» (параметры: методы — по умолчанию, размер выходной ячейки 300×300 м, входной и выходной растры должны находиться в различных БД) и поименовать их по типу «Belarus_LCzis_7class_****_300m», где **** — обозначение года.

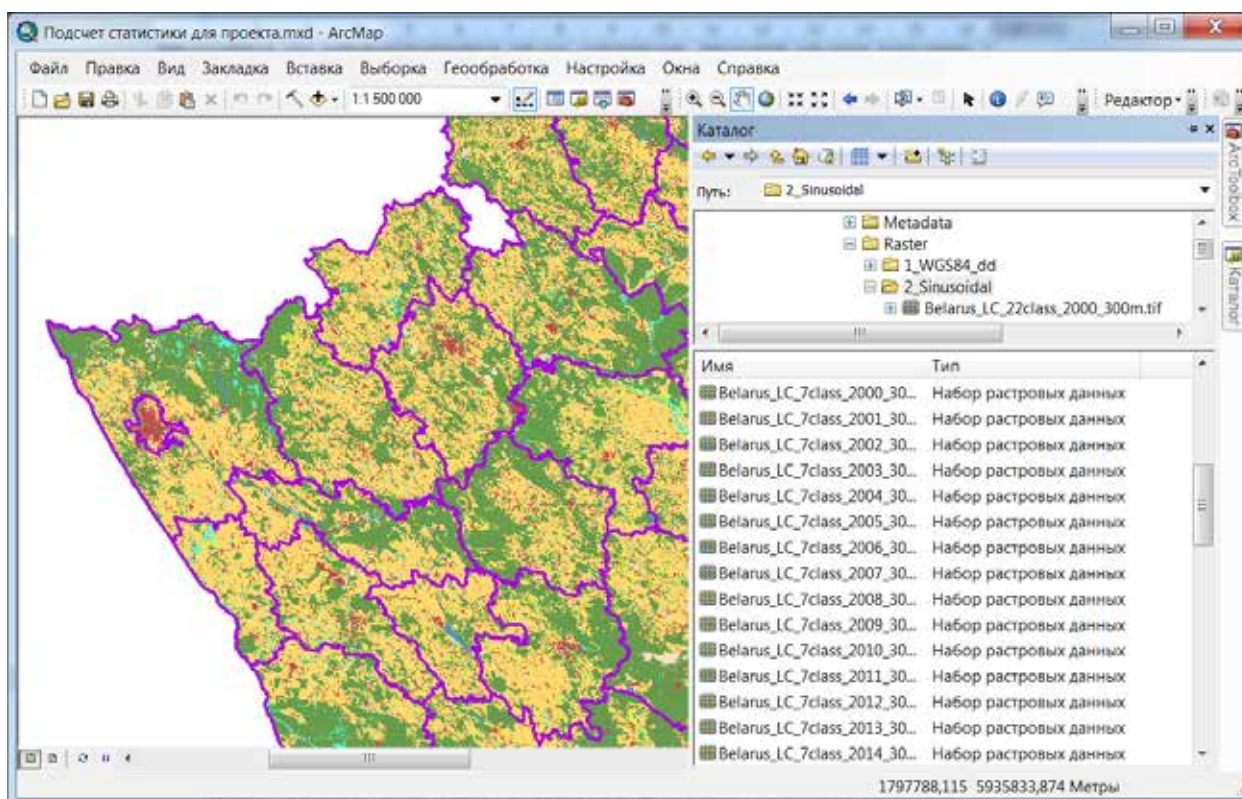


Рисунок 2.7 – Окно каталога с файловой БД, наполненное растрами, имеющими синусоидальную проекцию, с размером выходной ячейки 30×30 м

9.2 Выполнить визуальную проверку полноты заполнения вновь полученными растровыми пространственными данными всей территории Республики Беларусь с использованием векторного слоя «Границы административных районов Республики Беларусь».

Результатом выполнения работ девятого этапа можно считать файловую БД для растровых геоизображений, дополненную наборами растровых данных (бесшовными растровыми покрытиями) на всю территорию Республики Беларусь по годам, имеющих синусоидальную проекцию с размером выходной ячейки 300×300 м (рисунок 2.8).

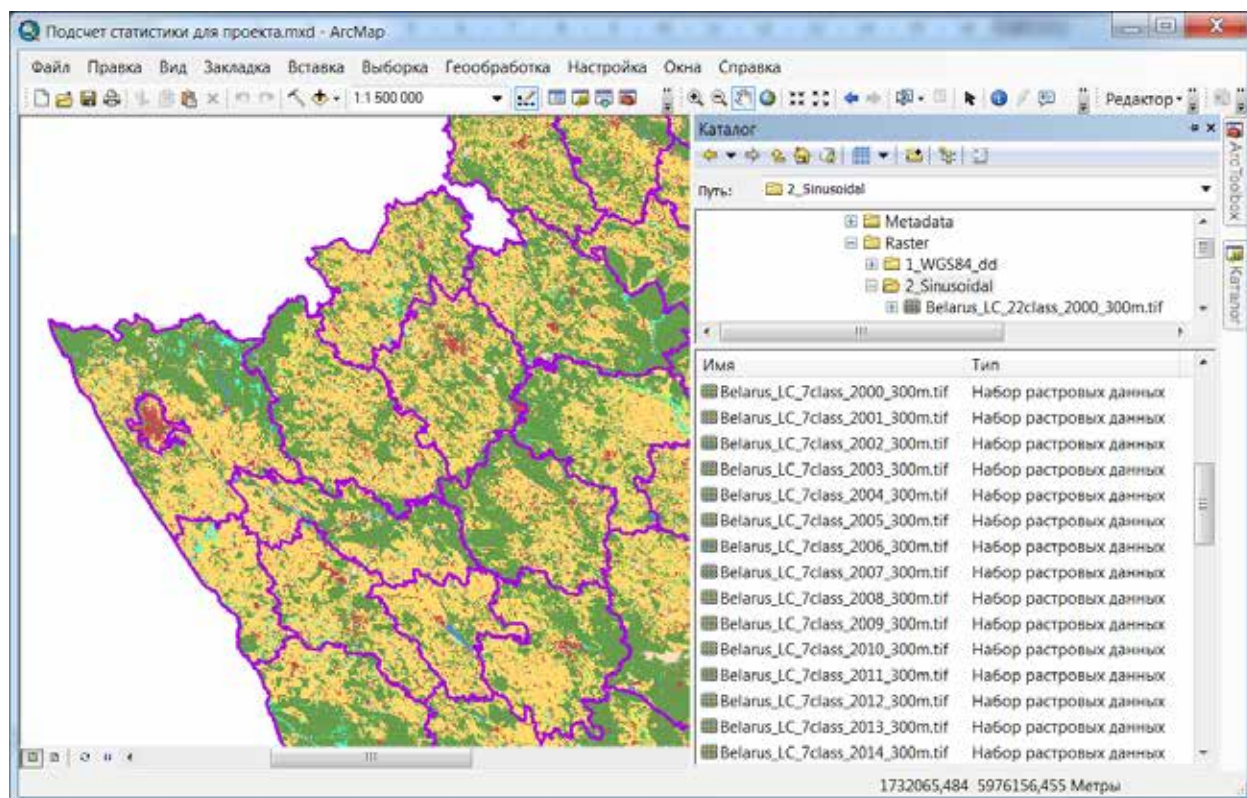


Рисунок 2.8 – Окно каталога с файловой БД, наполненное растрами, имеющими синусоидальную проекцию, с размером выходной ячейки 300×300 м

Описанная выше технология была апробирована в ходе работ по созданию набора национальных данных Республики Беларусь, предназначенных для формирования национального отчета в рамках КБО ООН. В качестве основного источника пространственных данных для создания цифровых карт ЗП служило содержимое полигональных слоев «Виды земель» (Land) локальных БД ЗИС. При этом принималось во внимание, что векторные данные в этом слое имеют избыточную точность, соизмеримую с точностью построения карт в масштабе 1:10000. В частности, был сгенерирован ряд цифровых карт ЗП Минского района по годам за период с 2001 г. по 2018 г. Всего, исходя из наличия данных, удалось создать временной ряд, включающий 15 временных срезов ЗП (данные за 2002, 2003 и 2004 гг. отсутствуют). Для примера в приложении В приводятся изображения цифровых карт ЗП Минского района за 2001, 2005, 2010, 2015 и 2018 гг. Изучение технических характеристик полученных материалов дает основание утверждать, что их качество соответствует требованиям отчетности КБО ООН.

Кроме того, с помощью описанной выше технологии по данным ЗИС получено земельное покрытие всей территории Республики Беларусь по состоянию на 2015 г. (рисунок 2.9).

«МЕТОДИКА СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ ДАННЫХ И ДАННЫХ ЗЕМЕЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ НАЦИОНАЛЬНОЙ ОТЧЕТНОСТИ В РАМКАХ КОНВЕНЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ ПО БОРЬБЕ С ОПУСТЫНИВАНИЕМ В ТЕХ СТРАНАХ, КОТОРЫЕ ИСПЫТЫВАЮТ СЕРЬЕЗНУЮ ЗАСУХУ И/ИЛИ ОПУСТЫНИВАНИЕ, ОСОБЕННО В АФРИКЕ»

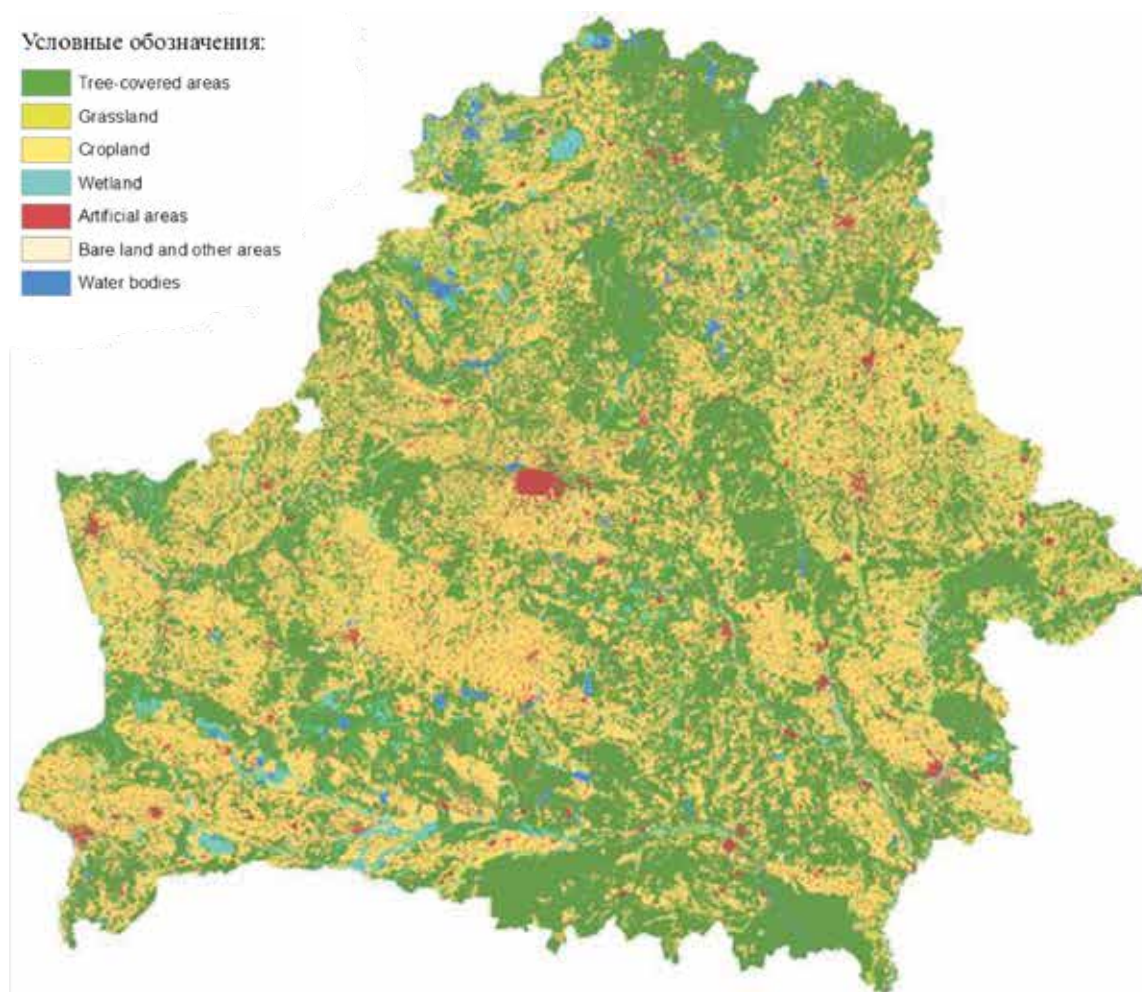


Рисунок 2.9 – Изображение земельного покрытия Республики Беларусь по данным ЗИС на 2015 г.

При сопоставлении приведенной выше карты ЗП с данными, предоставленными Инициативой по изменению климата Европейского космического агентства в рамках КБО ООН (рисунок 2.10), можно сделать вывод о том, что при условии применения изложенной выше технологии данные ЗИС могут быть использованы для целей отчетности Республики Беларусь в рамках ее международных обязательств перед КБО ООН.

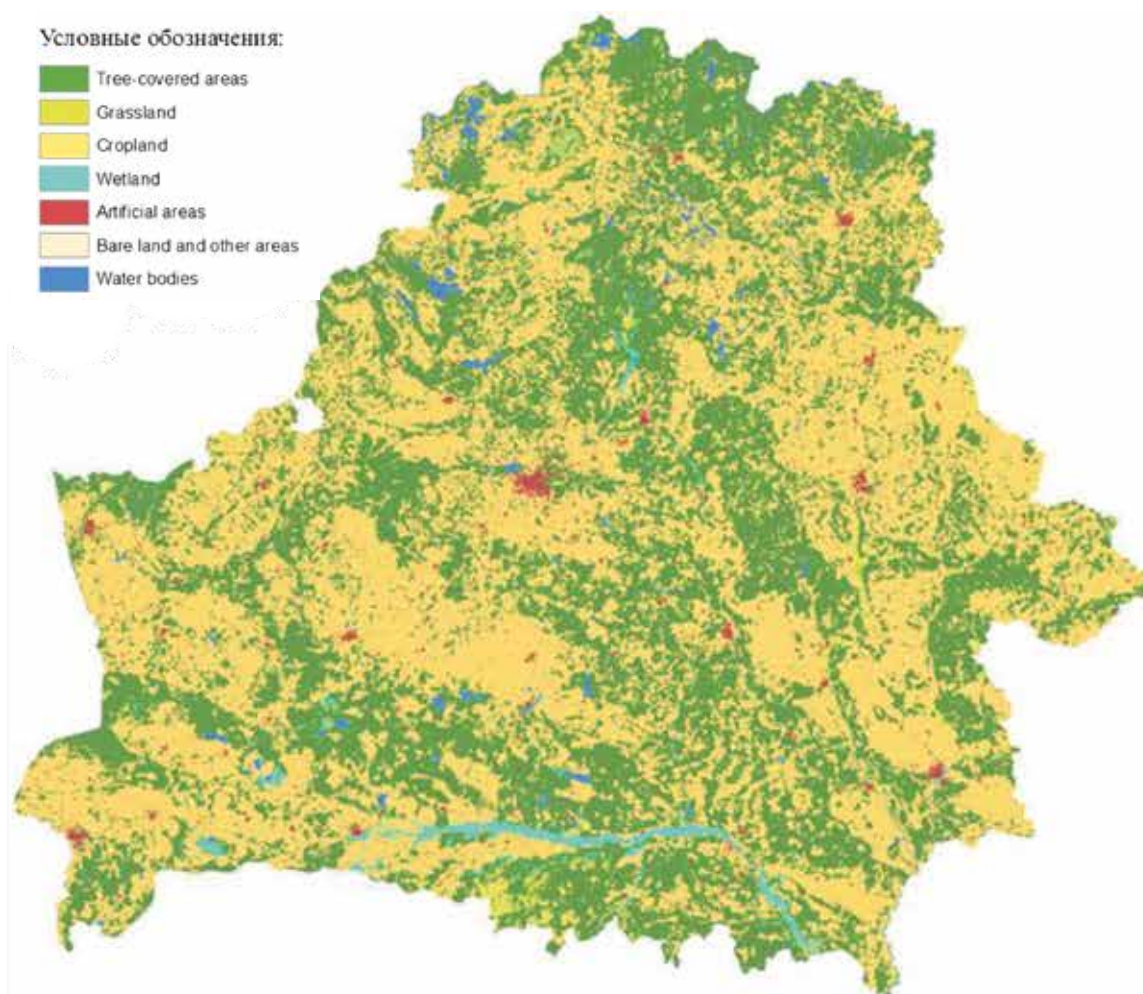


Рисунок 2.10 – Изображение земельного покрытия Республики Беларусь на 2015 г., предоставленное в рамках КБО ООН

2.3. Сопоставление карт земельного покрытия, полученных на основе глобальных и национальных данных

Пространственный анализ карт ЗП, полученных на основе применения всего комплекса (технологического цикла) работ по созданию цифровых карт ЗП, выполнялся путем суммирования количества элементарных ячеек (пикселей), отнесенных к тому либо иному классу, и как следствие расчета площадей (абсолютных и относительных), занятых различными классами (приложение Г). Затем полученные значения сопоставлялись со значениями аналогичных параметров глобальных наборов данных. На рисунках 2.11 и 2.12 приведены диаграммы, характеризующие динамику структуры земель Минского административного района по версиям глобальных и национальных данных.

«МЕТОДИКА СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ ДАННЫХ И ДАННЫХ ЗЕМЕЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ НАЦИОНАЛЬНОЙ ОТЧЕТНОСТИ В РАМКАХ КОНВЕНЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ ПО БОРЬБЕ С ОПУСТЫНИВАНИЕМ В ТЕХ СТРАНАХ, КОТОРЫЕ ИСПЫТЫВАЮТ СЕРЬЕЗНУЮ ЗАСУХУ И/ИЛИ ОПУСТЫНИВАНИЕ, ОСОБЕННО В АФРИКЕ»

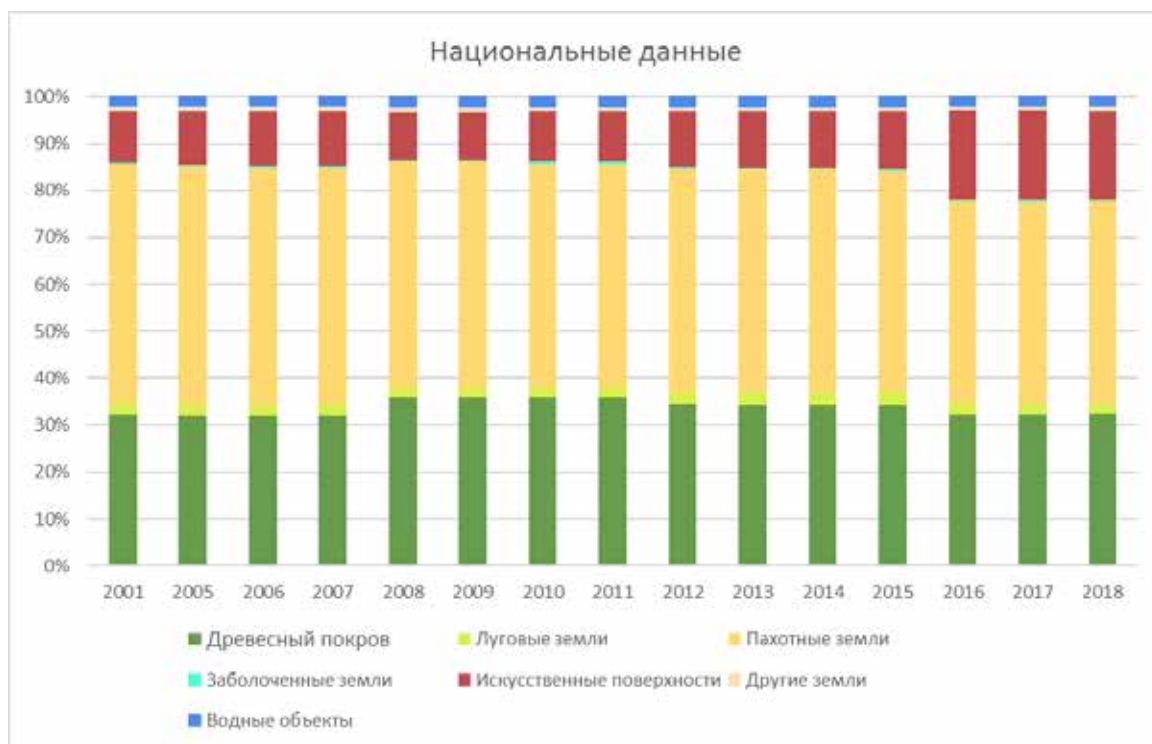


Рисунок 2.11 – Динамика структуры земель Минского административного района, полученной на основании генерализации данных ЗИС



Рисунок 2.12 – Динамика структуры земель Минского административного района, полученной на основании земельного покрытия ЕКА ПРП-ИИК

Определенные отличия между двумя диаграммами очевидны. Структура земель, полученная с помощью генерализации данных ЗИС, значительно ближе к данным национальной статистики (Государственному земельному кадастру). При этом данные Государственного земельного кадастра можно считать наиболее достоверными, поскольку они собираются на основании наземного обследования с точностью до 1 га. Как следует из результатов анализа, в глобальных данных несколько занижена доля классов древесного покрова, луговых земель, искусственных поверхностей и завышена доля класса пахотных земель. Классы заболоченных и других земель практически не учитываются. Эти особенности подтверждаются и при визуальном анализе карт ЗП, созданного на основе ЗИС, и карт, предоставляемых ЕКА ПРП-ИИК (7 классов) [14], пространственно-совмещенных на одну и ту же территорию. На рисунках 2.13, 2.14, 2.15 продемонстрированы примеры такого визуального сопоставления.

В результате можно сделать вывод, что продукция, полученная на основе данных ЗИС путем применения предлагаемой технологии, обладает рядом преимуществ по сравнению с глобальными наборами данных (в частности ЕКА ПРП-ИИК, версия 2.0.7), которые заключаются в следующем:

- более высокая точность (благодаря математической основе ЗИС);
- более высокая детальность (благодаря сохранению локализации относительно небольших контуров);
- более высокая достоверность (благодаря верификации данных в ходе наземного обследования);
- большую актуальность (благодаря ежегодному (ежедневному) обновлению данных слоя «Land»);
- тесная связь с национальной статистикой;
- непосредственное влияние на принятие решений по использованию земель.

К недостаткам БД ЗИС можно отнести отсутствие архива за 15 лет для значительного количества административных районов, особенности использования классификатора земель в различные периоды времени, а также отсутствие данных относительно некоторых административно-территориальных единиц. Одним из способов преодоления последнего является комбинированное использование глобальных и национальных наборов данных для формирования единого земельного покрытия. Для этого необходимо выполнение следующего ряда действий. Данные ЗИС (векторные) приводятся к классификации и легенде, используемым в КБО ООН. Производится преобразование векторных данных к растровой форме с параметрами глобальных данных.

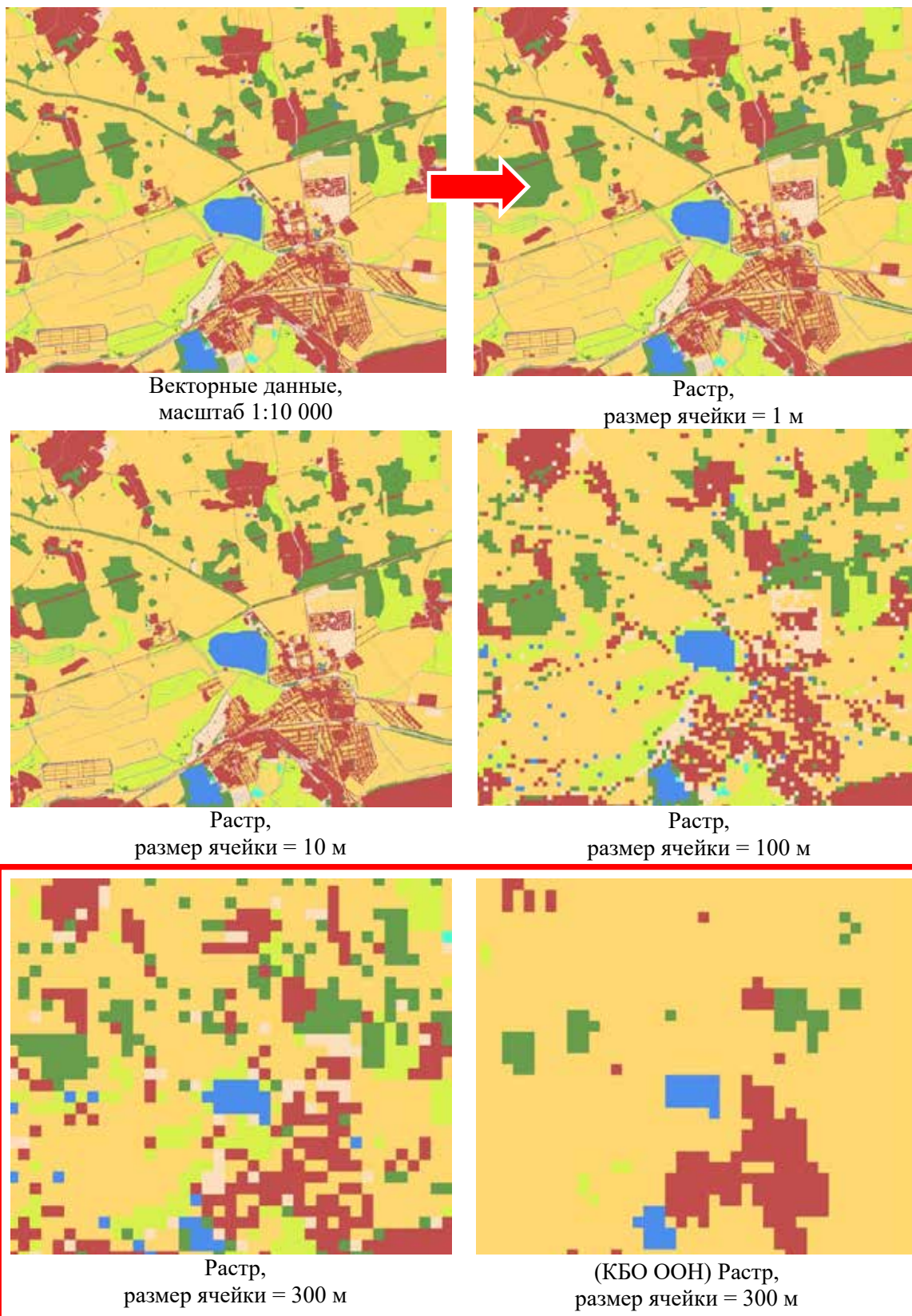


Рисунок 2.13 – Пример конвертации участка БД ЗИС с преимущественно сельскохозяйственными землями в карту ЗП с разрешением на местности 300 м

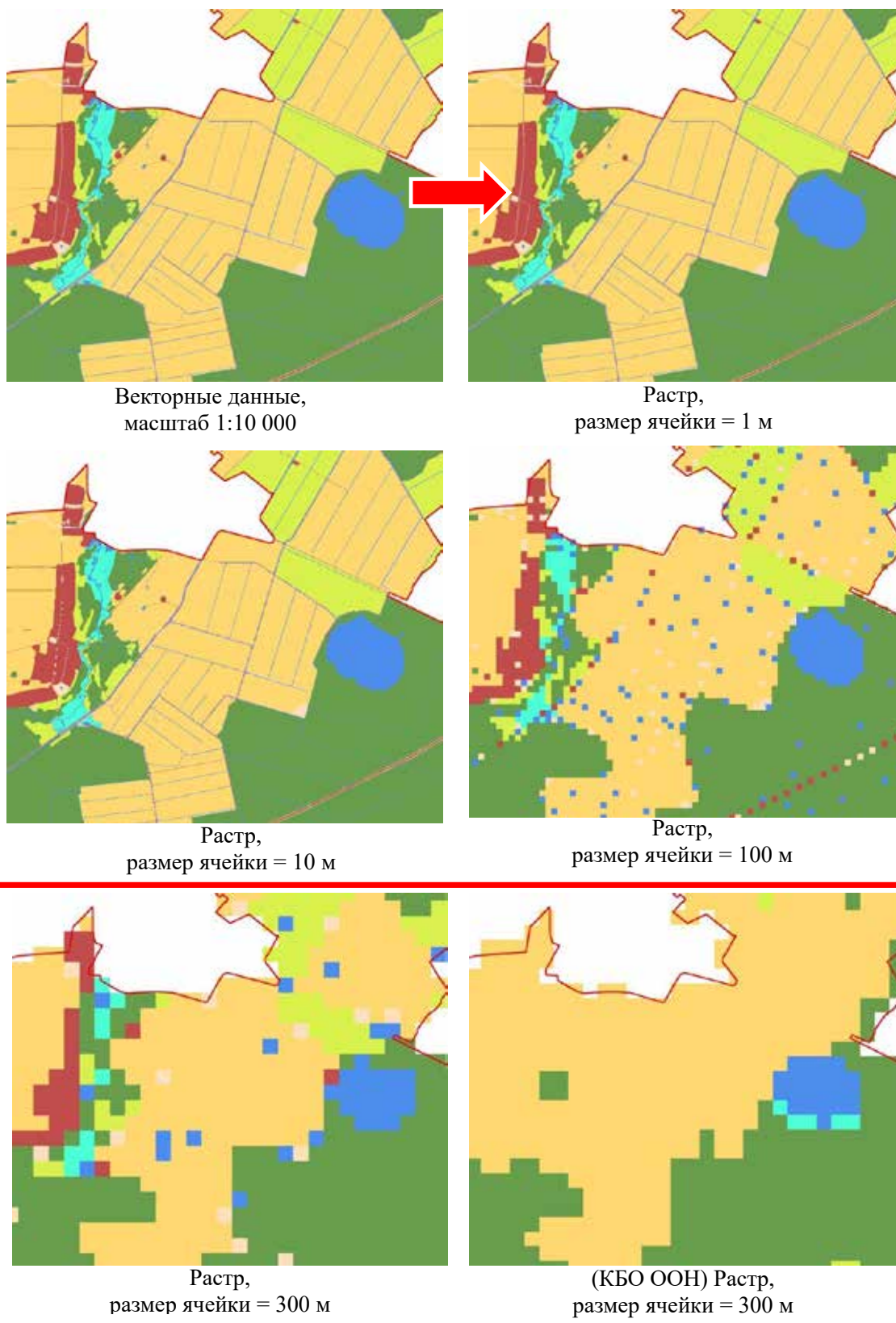


Рисунок 2.14 – Пример конвертации участка БД ЗИС с преимущественно лесными землями в растровые карты ЗП с разрешением на местности до 300 м

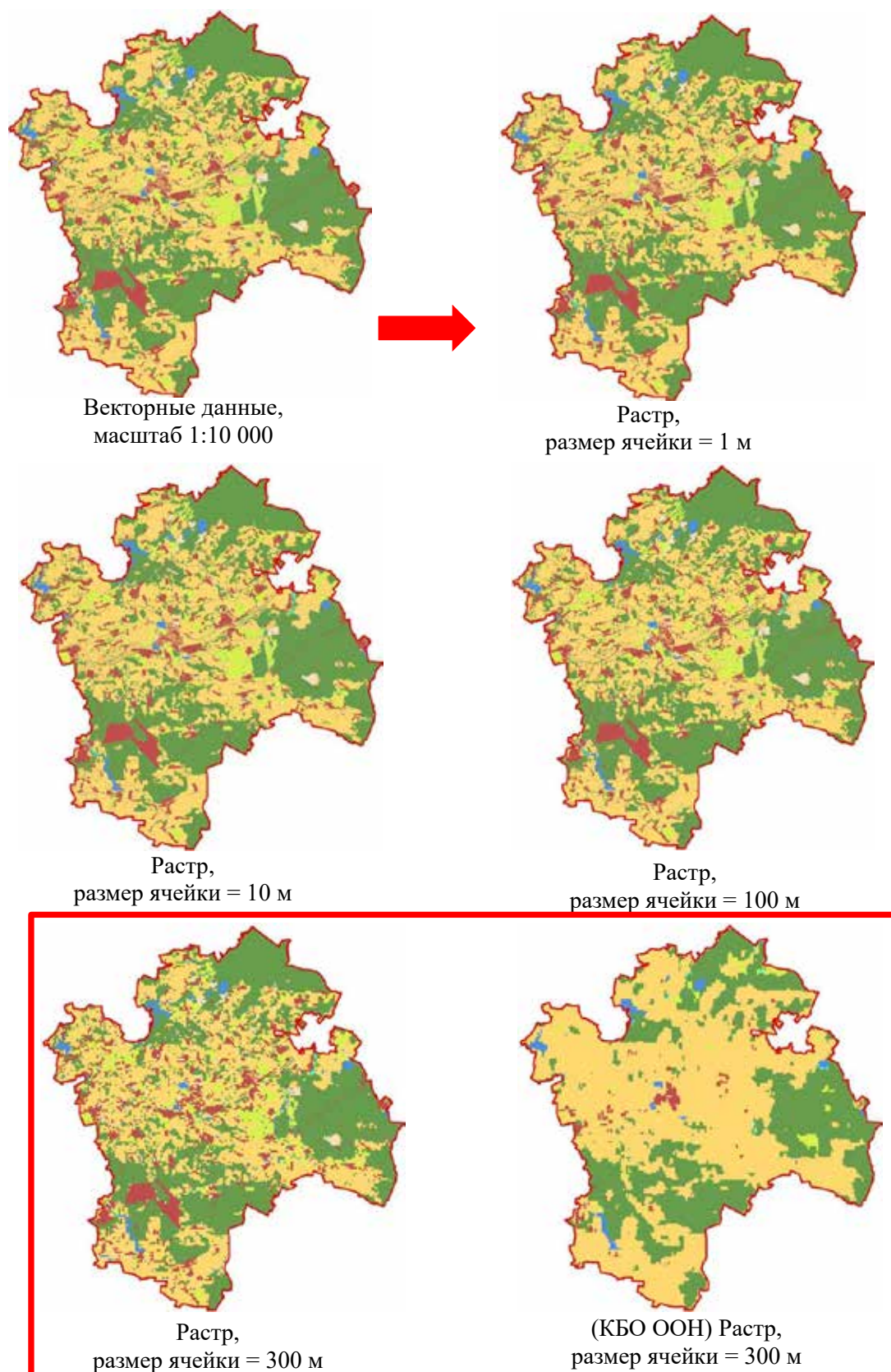


Рисунок 2.15 – Пример конвертации векторных данных ЗИС Смолевичского района в растровые карты ЗП с разрешением на местности до 300 м

Недостающие фрагменты данных исключаются из полученного растра. На их место помещается выборка из глобальных данных (рисунок 2.16).

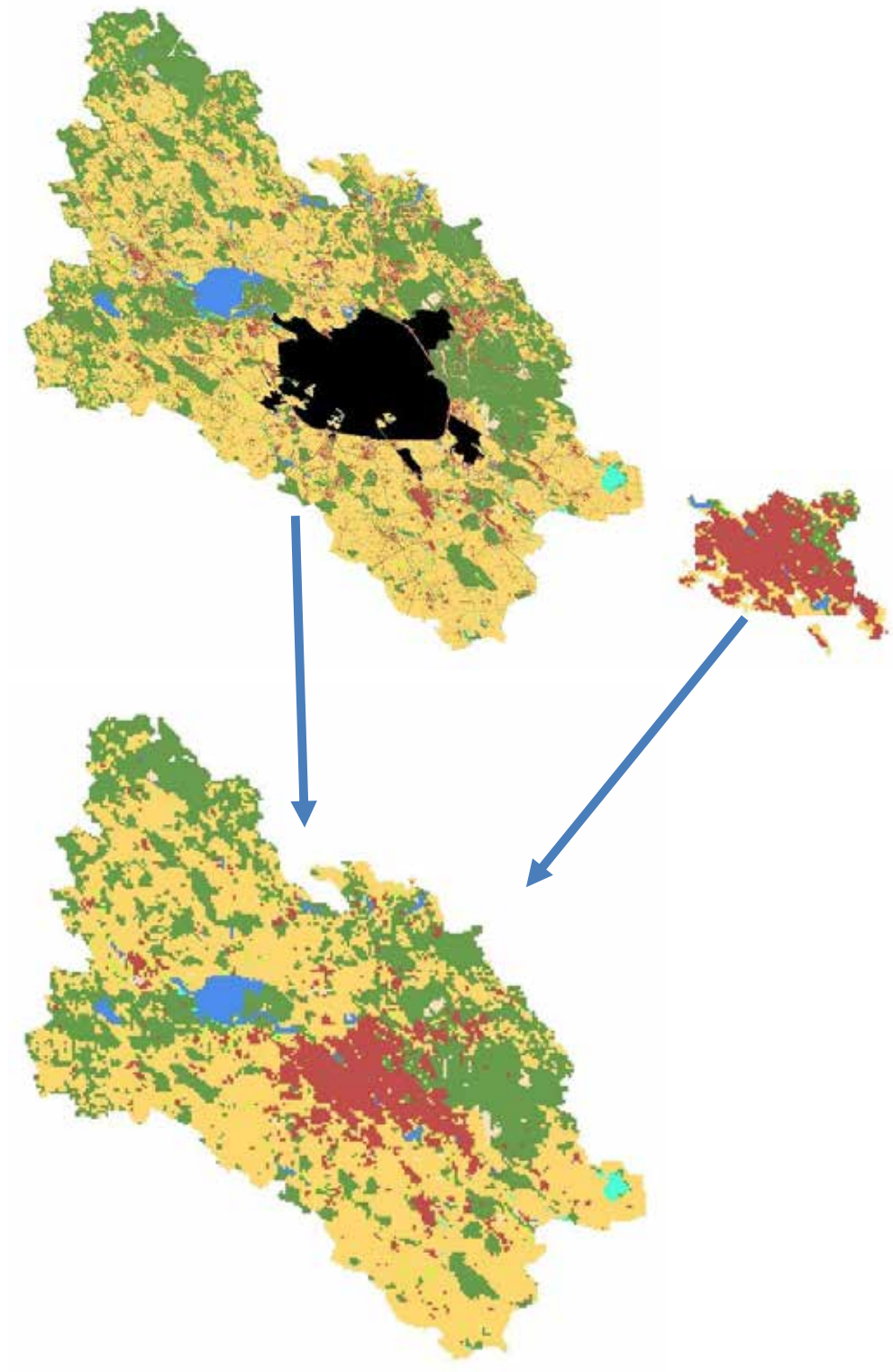


Рисунок 2.16 – Результат совмещения национальных и глобальных данных в единое земельное покрытие

К преимуществам использования БД ЗИС в целях КБО ООН можно отнести надежность отображения негативных тенденций в земельном покрытии, которая возрастает при способе сравнения между собой именно векторных данных. Как известно, при расчете показателя тенденций земельного покрытия используются карты ЗП за ряд лет. При этом из всех возможных способов сопоставления данных за 2001–2015 гг. для расчета показателя тенденций деградации земель рассматривались четыре варианта:

- 1) использование для сравнения глобальных растровых ЗП;
- 2) использование для сравнения растровых ЗП, полученных на основе ЗИС;
- 3) использование для сравнения векторных данных ЗИС (эталонный метод для всех остальных);
- 4) сравнение векторных данных ЗИС с последующим их преобразованием в растровые данные.

В каждом случае были получены значения площадей в пределах одного и того же административного района, заметно отличающиеся друг от друга (таблица 2.3).

Таблица 2.3 – Результаты пространственного анализа ЗП Минского района (2001–2015 гг.), полученные с помощью различных способов сопоставления данных

Способ сопоставления данных	Площадь района, га	Площадь деградированных земель, га	Доля деградированных земель, %
1	224 226	13 428	6,0
2	223 416	24 201	10,8
3	223 816	19 544	8,7
4	224 226	11 403	5,4

Картина пространственного распределения контуров деградированных земель по территории Минского района в зависимости от способа сопоставления данных продемонстрирована на рисунке 2.17. Преимущества использования данных ЗИС для целей КБО ООН иллюстрирует серия карт ЗП, сопоставленная с аналогами, полученными по имеющимся глобальным данным (приложение Д).

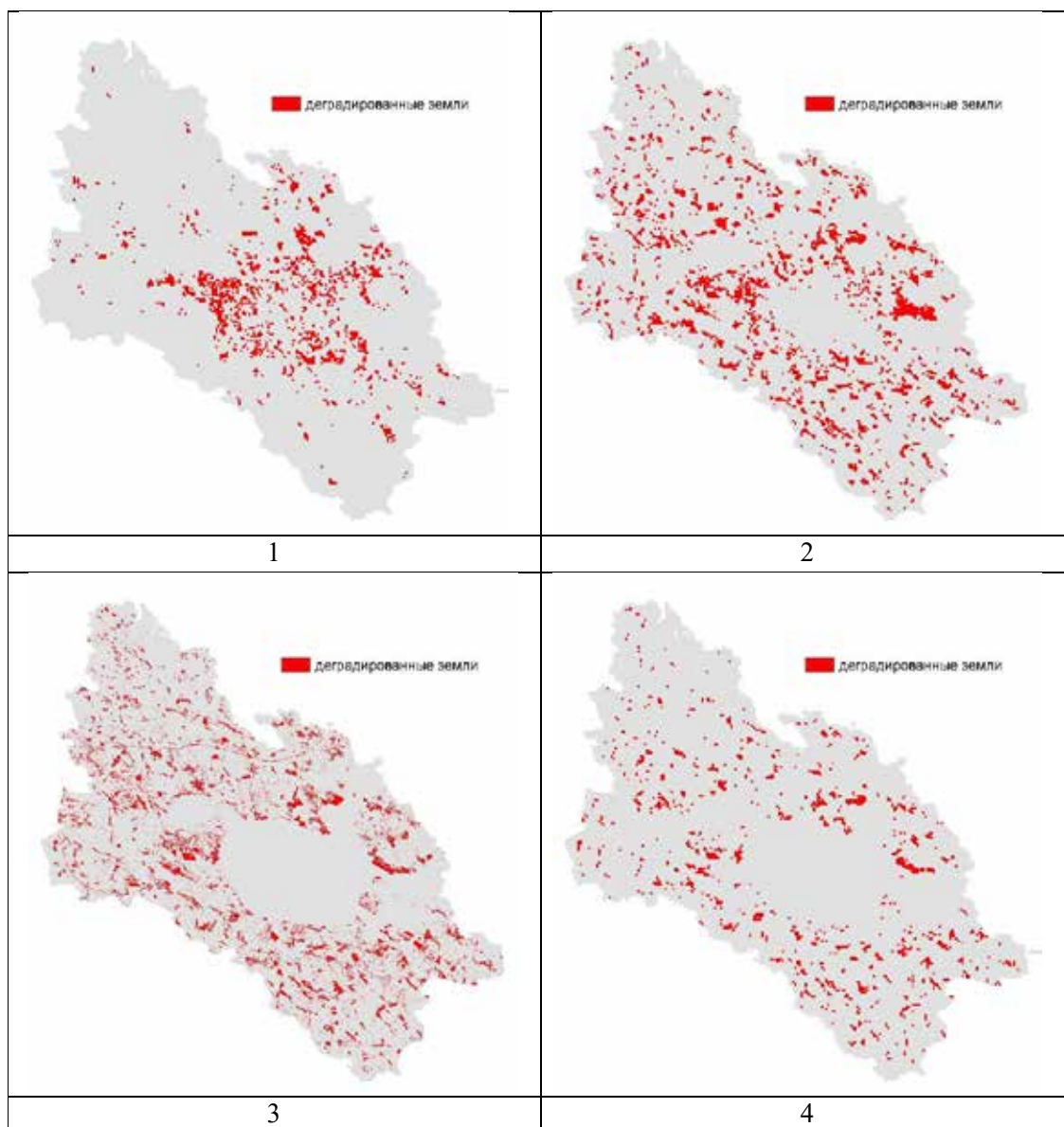


Рисунок 2.17 – Пространственное распределение деградированных земель по территории Минского района (2001–2015 гг.) в зависимости от способа сопоставления данных

2.4. Выводы по разделу 2

ЗИС в настоящее время является наиболее качественным государственным ресурсом пространственных данных Республики Беларусь (с точки зрения актуальности, точности и тематической наполненности информацией о землях).

В рамках достижения основной цели — информационного обеспечения государственного регулирования и управления в области использования и охраны земель — ЗИС способна решать следующие задачи:

- обеспечение полными и достоверными данными о состоянии и распределении земель Республики Беларусь;
- автоматизация ведения мониторинга земельных ресурсов;
- формирование статистической отчетности о состоянии и использовании земельных ресурсов.

Данные ЗИС могут использоваться с целью получения национального набора данных для расчета целевых показателей прогресса в контексте КБО ООН, исходя из следующего:

- для БД ЗИС используется система координат 1963 года (СК-63);
- минимальные размеры объектов ЗИС составляют величину 400 м² для полигональных объектов и 100 м для линейных объектов;
- точность и характер детализации объектов ЗИС соответствует масштабу 1:10000 (вплоть до 2017 г. на территории населенных пунктов имеются данные с точностью масштаба 1:2000) с погрешностью нанесения границ контуров земель и иных объектов, не превышающей 15 м;
- все БД ЗИС согласованы между собой по внешним границам информационных слоев в пределах допуска неразличимости (0,01 м);
- максимальный временной охват зафиксированных состояний ЗП на некоторых территориях превышает 15 лет.

Технология получения национального набора данных с использованием ЗИС включает операции: выбора оптимальной схемы классификации для ЗП; составления схемы пространственной агрегации классов; перепроецирования данных ЗИС в систему географических координат WGS-84 и синусоидальную картографическую проекцию; конвертации данных ЗИС из векторной формы в растровую форму с одновременным уменьшением их пространственного разрешения и выполнением генерализации; сшивки растров локальных БД ЗИС в единое покрытие на всю территорию Республики Беларусь; разработки легенды для визуализации ЗП в принятой системе условных знаков.

Продукция, полученная в результате использования предлагаемого подхода (земельное покрытие Республики Беларусь по данным ЗИС на 2015 г. и серия земельных покрытий Минского района Минской области за 2001–2018 гг.), по своим качествам соответствует требованиям отчетности КБО ООН.

Преимущества национального набора данных, создаваемого благодаря использованию ЗИС, заключаются в его более высокой детальности, точности, актуальности, тесной связи с национальной статистикой и процессом принятия решений.

Вместе с тем в настоящее время можно отметить ряд недостатков ЗИС, связанных с отсутствием архива за 15 лет для значительного количества районов и особенностями классификации земель в различные периоды времени. Ввиду перспективы использования ЗИС для развития реестра земельных ресурсов Республики Беларусь эти недостатки будут устранены. Благодаря этому в ближайшие годы появится возможность регулярного получения карт земельного покрытия для целей КБО ООН с использованием разработанной методики.

3. МЕТОДИКА СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ ДАННЫХ И ДАННЫХ ЗЕМЕЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ПРИ ЗАПОЛНЕНИИ ФОРМЫ НАЦИОНАЛЬНОЙ ОТЧЕТНОСТИ ПО КБО ООН

Для обеспечения эффективного использования данных ЗИС в процессе создания отчетности Республики Беларусь в рамках международных обязательств перед КБО ООН разработана методика совместного использования глобальных данных и данных ЗИС. Положения методики базируются на результатах исследований, проведенных в ходе данной работы, а также обобщении имеющегося отечественного и зарубежного научно-практического опыта.

Согласно проведенным исследованиям весь цикл наблюдений предусматривает проведение следующего ряда работ:

- сбор, систематизация и первичная подготовка исходной информации;
- обработка собранных данных;
- формирование отчетных материалов.

В качестве исходных материалов для оценки субиндикатора SO1-1 может использоваться цифровая карта ЗП, полученная путем обработки данных ЗИС (прежде всего полигонального слоя «Land», а также данных других слоев ЗИС, например, полигонального слоя «Melio»), иных картографических данных, в том числе цифровых топографических карт и т. д.

Полигональный слой «Land» должен регулярно актуализироваться, в том числе с помощью ДДЗ. К используемым доступным ДДЗ могут относиться спектрозональные и панхроматические космические снимки или аэрофотоснимки, полученные в течение временного периода вегетации сельскохозяйственных культур (с марта по октябрь).

Операции по сбору, систематизации и первичной подготовке исходной информации должны предусматривать запись в соответствующие каталоги носителей информации данных, характеризующих изучаемую территорию в определенный период наблюдений.

Операции по обработке собранных данных включают предварительную обработку ДДЗ; тематическую обработку ДДЗ (включая сегментацию и контролируруемую классификацию мультиканальных изображений); объединение и векторизацию растровых изображений; сопоставление векторных слоев и создание результирующих изображений, характеризующих изменения состояния земель за текущий период наблюдений.

Состав методов предварительной обработки должен определяться характеристиками используемых ДДЗ. Производные промежуточные данные, которые генерируются в ходе предварительной и тематической обработки ДДЗ, могут храниться во временных каталогах.

Основной цикл работ по формированию отчетных данных должен осуществляться с использованием специализированного программного обеспечения «Trends.Earth». В некоторых случаях для выполнения отдельных операций по об-

работке данных могут использоваться пакеты программного обеспечения, предназначенные для работы с пространственными данными (такие, например, как ESRI ArcGIS и т. п.).

Для целей выявления изменений земельное покрытие Республики Беларусь по данным ЗИС на 2015 г. сопоставлялось с земельным покрытием Республики Беларусь на 2000 г., предоставленным в рамках КБО ООН. Полученные результаты (рисунок 3.1) представлялись в виде таблицы 3.1, содержащей информацию о площадях основных классов земельного покрытия Республики Беларусь, претерпевших изменения в период с 2000 по 2015 гг.

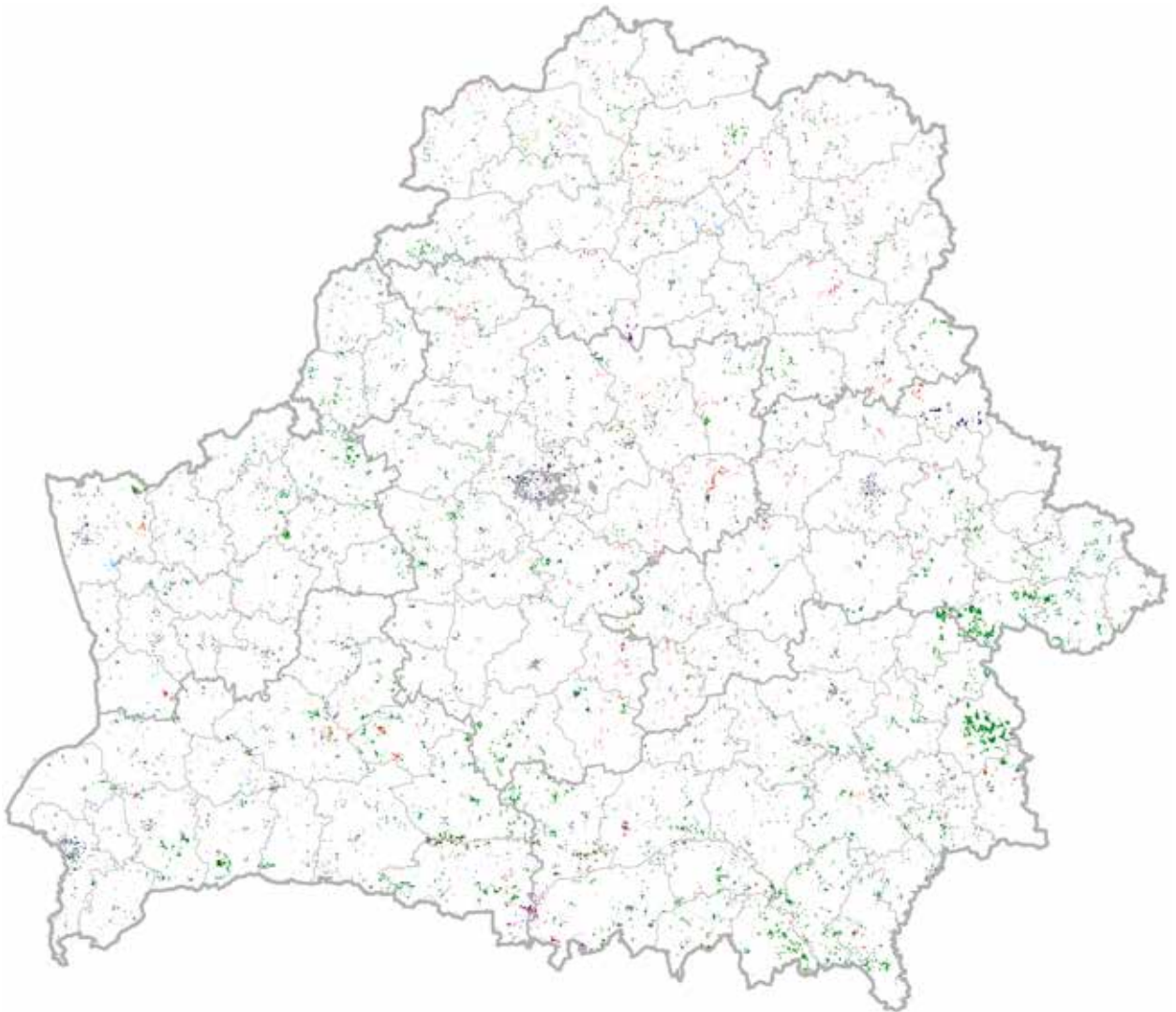


Рисунок 3.1 – Изображение карты распределения изменений земельного покрытия за период 2000–2015 гг. по территории Республики Беларусь (данные ЗИС на 2015 г. и КБО ООН на 2000 г.)

«МЕТОДИКА СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ ДАННЫХ И ДАННЫХ ЗЕМЕЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ НАЦИОНАЛЬНОЙ ОТЧЕТНОСТИ В РАМКАХ КОНВЕНЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ ПО БОРЬБЕ С ОПУСТЫНИВАНИЕМ В ТЕХ СТРАНАХ, КОТОРЫЕ ИСПЫТЫВАЮТ СЕРЬЕЗНУЮ ЗАСУХУ И/ИЛИ ОПУСТЫНИВАНИЕ, ОСОБЕННО В АФРИКЕ»

Таблица 3.1 – Изменения площадей основных классов земельного покрытия Республики Беларусь за период 2000–2015 гг., км² (данные ЗИС на 2015 г. и КБО ООН на 2000 г.)

Класс в итоге Класс изначально	Зоны с лесным покровом	Пастбища	Пахотные угодья	Водно-болотные угодья	Искусственные поверхности	Другие земельные участки
Зоны с лесным покровом	84.935,3	121	836,8	9,3	42,7	0
Пастбища	39,9	3.385,6	38,7	4	11,1	0
Пахотные угодья	3.287,2	2,9	108.492,8	192,9	877,6	0
Водно-болотные угодья	30	1,8	20,7	2.033,8	1,8	0
Искусственные поверхности	0	0	0	0	899	0
Другие земельные участки	0	0	0	0	0	0,7

На основе количественных данных описываются наиболее значительные изменения ЗП, а также прямые или косвенные факторы этих изменений (рисунок 3.2).

Качественная оценка		Интерпретация показателя					
На основе количественных данных описываются наиболее значительные отрицательные или положительные изменения наземного покрова, а также прямые и (или) косвенные факторы этих изменений							
Переустройство угодий		Изменение эффективной площади наземного покрова (км ²)	Фактор (-ы)		Описание изменений	Комментарии	
Было	Стало		Прямой (выбрать один или несколько элементов)	Косвенный (выбрать один или несколько элементов)			
Пахотн	Зоны с	3.287,2	Некорректное Несоответствие Вырубка леса Чрезмерная э Чрезмерное с	Давление избы Землепользов Бедность Доступность р Образование,	+ Депопуляция сельской местности		
Пахотн	Искусст	877,6	Вырубка леса Чрезмерная э Чрезмерное с Промышленн Рост городов	Доступность р Образование, Войны и конф Управление, п Любой другой			
Зоны с	Пахотн	836,8	Некорректное Несоответствие Вырубка леса Чрезмерная э Чрезмерное с	Давление избы Землепользов Бедность Доступность р Образование,	Рекультивация недавно закусаре нных		
Пахотн	Водно-с	192,9	Рост городов Сбросы Выброс загряз Нарушение во Любой другой	Давление избы Землепользов Бедность Доступность р Образование,			
Добавить строку							

Рисунок 3.2 – Пример заполнения таблицы изменения площадей (км²) относительно различных видов изменений ЗП Республики Беларусь и вызывающих их факторов за период 2000–2015 гг.

Полученная информация позволяет выявлять горячие (проблемные) точки изменения земельного покрытия за определенное время в 2000–2015 гг. Пример внесения информации о горячих точках, влияющих на земельное покрытие, приведен на рисунке 3.3.

Горячие/проблемные точки Укажите, где в вашей стране расположены наиболее важные горячие/проблемные точки, влияющие на наземный покров

Горячие/проблемные точки	Расположение	Площадь (км ²)	Комментарии	
Punto destacado	Ветковский район	152,3	Заращение загрязненных радионуклидами сельскохозяйственных земель	
Punto destacado	Краснопольский район	127,2	Заращение загрязненных радионуклидами сельскохозяйственных земель	
Punto destacado	г.Минск и Минский район	129,2	Интенсивная застройка	
Добавить строку				

Рисунок 3.3 – Пример внесения информации о горячих точках, выявленных за период с 2000 по 2015 г.

Оценка субиндикатора SO1-2 (тенденции продуктивности земель) может производиться с использованием глобальных карт динамики продуктивности земель, предоставляемых проектом JRC-LPD. В наборе согласованных глобальных данных представлены 5 качественных классов тенденций в продуктивности земель: 1 — снижение, 2 — умеренное снижение, 3 — под стрессовым воздействием, 4 — стабильно, 5 — повышение. На основании данных, полученных за весь период (с 1999 по 2013 гг.), может быть выполнена оценка динамики продуктивности земель за определенное время. Для этого служит таблица, приведенная на рисунке 3.4.

SO1-2 Тенденции продуктивности земель или производительности угодий						
Динамика продуктивности земель						
Количественные данные	Оценка динамики продуктивности земель по каждому типу наземного покрова на национальном уровне: динамика площадей покрытия наземным покровом каждого класса (в км ²)					
	Данные по умолчанию получены из Набор данных в рамках Инициативы ЕКА по изменению климата (ПРП-ИИК) версии 2.0.7					
	и могут быть соответствующим образом изменены.					
Класс наземного покрова	Динамика продуктивности земель, чистая продуктивность					Данные отсутствуют
	Снижение	Умеренное снижение	Под воздействием	Стабильно	Повышение	
Зоны с лесным покровом	2,1	42	387,5	13.047,9	71.196,2	259,6
Пастбища	3,5	9,9	21,6	693,2	2.649,6	7,8
Пахотные угодья	76,8	393,2	668,4	20.934,6	86.304,2	115,7
Водно-болотные угодья	0,3	3,1	18,8	910,2	1.090,7	10,8
Искусственные поверхности	7,7	0,6	1,9	709,1	168	11,6
Другие земельные участки	0	0	0,1	0,4	0,2	0,1

Рисунок 3.4 – Пример заполнения таблицы динамики продуктивности основных классов земель за 2000–2013 гг.

При выявлении тенденций этого показателя можно использовать как набор данных ЕКА ПРП-ИИК версии 2.0.7, так и согласованные национальные данные о земельном покрове. Пример внесения информации о тенденциях динамики продуктивности земель приведен на рисунке 3.5.

Оценка динамики продуктивности земель для участков, где освоение земель привело к изменению вида наземного покрова (в км²)

Освоение земель		Изменение эффективно й площади наземного покрова (км ²)	Динамика продуктивности земель, чистая продуктивность			(2000-2013) (км ²)	
Было	Стало		Снижение	Умеренное снижение	Под воздействием	Стабильно	Повышение
Пахотные	Зоны с лес	3.287,2	0	1	5	343,4	2.933,2
Пахотные	Искусстве	877,6	11,3	2,3	5,6	427,1	427,4
Зоны с лес	Пахотные	836,8	0,2	7,5	26,7	133,7	666,6
Пахотные	Водно-бол	192,9	0	0,3	0,3	79,9	111,8
Зоны с лес	Травяные	121	0,8	6,9	7,7	14,7	90,4
Добавить строку							

Рисунок 3.5 – Пример заполнения таблицы оценки тенденций продуктивности земель за период 2000–2013 гг.

На основе набора количественных данных, полученных в рамках КБО ООН и приведенных на рисунке 3.6, выполняется выявление наиболее значительных изменений продуктивности земель за определенное время, а также прямые или косвенные факторы этих изменений. Полученные результаты вносятся в таблицу (рисунок 3.7).



Рисунок 3.6 – Изображение карты распределения изменений продуктивности земель Республики Беларусь за период 2000–2013 гг. (данные КБО ООН)

Качественная оценка						
Интерпретация показателя		На основе количественных данных опишите наиболее значительные отрицательные или положительные изменения продуктивности земель, а также прямые и (или) косвенные факторы этих изменений				
Класс наземного покрова/ освоение земель	Площадь (Км ²)	Динамика продуктивности земель	Фактор (-ы)		Комментарии	
			Прямой (выбрать один или несколько элементов)	Косвенный (выбрать один или несколько элементов)		
Пахотные угодья	668,4	Под возде	Некорректное Несоответстви	Давление избы		
			Вырубка леса	Землепользов		
			Чрезмерная э	Бедность		
			Чрезмерная э	Доступность р		
Пахотные угодья	393,2	Умеренн	Некорректное Несоответстви	Давление избы		
			Вырубка леса	Землепользов		
			Чрезмерная э	Бедность		
			Чрезмерная э	Доступность р		
Добавить строку						

Рисунок 3.7 – Пример заполнения таблицы наиболее значительных изменений продуктивности земель за период 2000–2013 гг.

Полученная информация позволяет выявлять проблемные точки изменений продуктивности земель за определенный период времени. Пример внесения информации о проблемных точках изменений продуктивности земель в отчетные формы приведен на рисунке 3.8.

Горячие/проблемные точки

Укажите, где в вашей стране расположены наиболее важные горячие/проблемные точки, влияющие на продуктивность земель

Горячие/проблемные точки	Расположение	Площадь (км ²)	Комментарии	
Punto crítico	город Минск	19,8	интенсивная застройка, в первую	
Punto crítico	Островецкий	9	строительство Островецкой АЭС	
Punto destacado	Брестский район	42,1	высокая сельскохозяйственная нагрузка	
Punto destacado	Каменецкий район	38,8	высокая сельскохозяйственная нагрузка	
Punto destacado	Гродненский	32,1	высокая сельскохозяйственная нагрузка	
Punto destacado	Добрушский	19,6	высокая сельскохозяйственная нагрузка	
Punto destacado	Хойникский район	12,8	высокая сельскохозяйственная нагрузка	
Punto destacado	Брагинский район	11,5	высокая сельскохозяйственная нагрузка	
Punto destacado	Пружанский	24,2	высокая сельскохозяйственная нагрузка	
Добавить строку				

Рисунок 3.8 – Пример внесения информации в таблицу проблемных точек изменения продуктивности земель за период 2000–2013 гг.

Оценка субиндикатора SO1-3 может производиться с использованием набора глобальных данных, включающих средние значения величин земных и подземных (в горизонте до 30 см) запасов органического углерода. Пример заполнения таблицы, отражающей тенденции в содержании органического углерода, приведен на рисунке 3.9.

SO1-3

Тенденции в отношении наземных и подземных запасов почвенного органического углерода

Запас почвенного органического углерода

 Количественные
данные

Оценка на национальном уровне запаса почвенного органического углерода (SOC) в верхнем слое почвы (0–30 см) по каждому типу наземного покрова (в тоннах на гектар)

Данные по умолчанию получены из Land Degradation Neutrality Target Setting Programme

и могут быть соответствующим образом изменены

Запас почвенного органического углерода в верхнем слое почвы (т/га)						
Год	Зоны с лесным покровом	Пастбища	Пахотные угодья	Водно-болотные угодья	Искусственные поверхности	Другие земельные участки
2000	172,2	189,9	136,3	222,7	117,2	179,7
2001	172,3	190,2	136,2	222,8	115,7	179,7
2002	172,3	190,4	136,2	222,8	114,1	179,7
2003	172,3	190,6	136,2	222,9	112,8	179,7
2004	172,3	190,5	136,1	222,8	111,3	179,7
2005	172,3	190,5	136	223,1	110,5	179,7
2006	172,3	190,5	135,9	223,7	109,4	179,7
2007	172,3	190,5	135,8	224,1	108,3	179,7
2008	172,3	190,5	135,6	224,7	107,4	179,7
2009	172,3	190,5	135,5	225,2	106,2	179,7
2010	172,4	190,5	135,5	226	104,8	179,7
2011	172,4	190,8	135,5	227,2	103,5	179,7
2012	172,4	190,9	135,5	228	102,6	179,7
2013	172,5	190,9	135,5	228,9	101,3	179,7
2014	172,5	190,8	135,4	229,8	100	179,9
2015	172,6	190,8	135,4	230,6	98,6	179,9

Рисунок 3.9 – Пример заполнения таблицы тенденций запаса органического углерода (т/га)

При заполнении отчетных форм по изменениям этого показателя можно использовать как набор данных ЕКА ПРП-ИИК версии 2.0.7, так и согласованные национальные данные о земельном покрове за определенный период времени. Пример внесения информации об изменениях в запасах почвенного углерода приведен на рисунке 3.10.

Освоение земель		Изменение эффективной площади наземного покрова (км ²)	Изменение запаса органического углерода в почве (SOC)				(2000–2015)	Изменение SOC (т)	
Было	Стало		SOC изначально (т/га)	SOC в итоге (т/га)	SOC изначально, общее кол-во (т)	SOC в итоге, общее кол-во (т)			
Пахотн	Зоны с	3.287,2	167	178,6	54.895.572	58.708.678	3.813.106		
Пахотн	Искусст	877,6	114	50-13-93,8	9.989.649	7.347.996	-2.641.653		
Зоны с	Пахотн	836,8	158,7	147	13.245.399	12.275.712	-969.687		
Пахотн	Водно-б	192,9	217,1	298,5	4.121.676	5.665.860	1.544.184		
Зоны с	Травян	121	205,4	204,1	2.478.744	2.463.327	-15.417		
Добавить строку									

Рисунок 3.10 – Пример заполнения таблицы изменений запаса органического углерода в почве из-за изменения типа земель

На основе набора количественных данных о запасе органического углерода, полученных в рамках КБО ООН и приведенных на рисунке 3.11, описываются наиболее значительные отрицательные или положительные изменения субиндикатора SO1-3 за определенное время, а также прямые или косвенные факторы этих изменений. Полученные результаты вносятся в таблицу (рисунок 3.12).

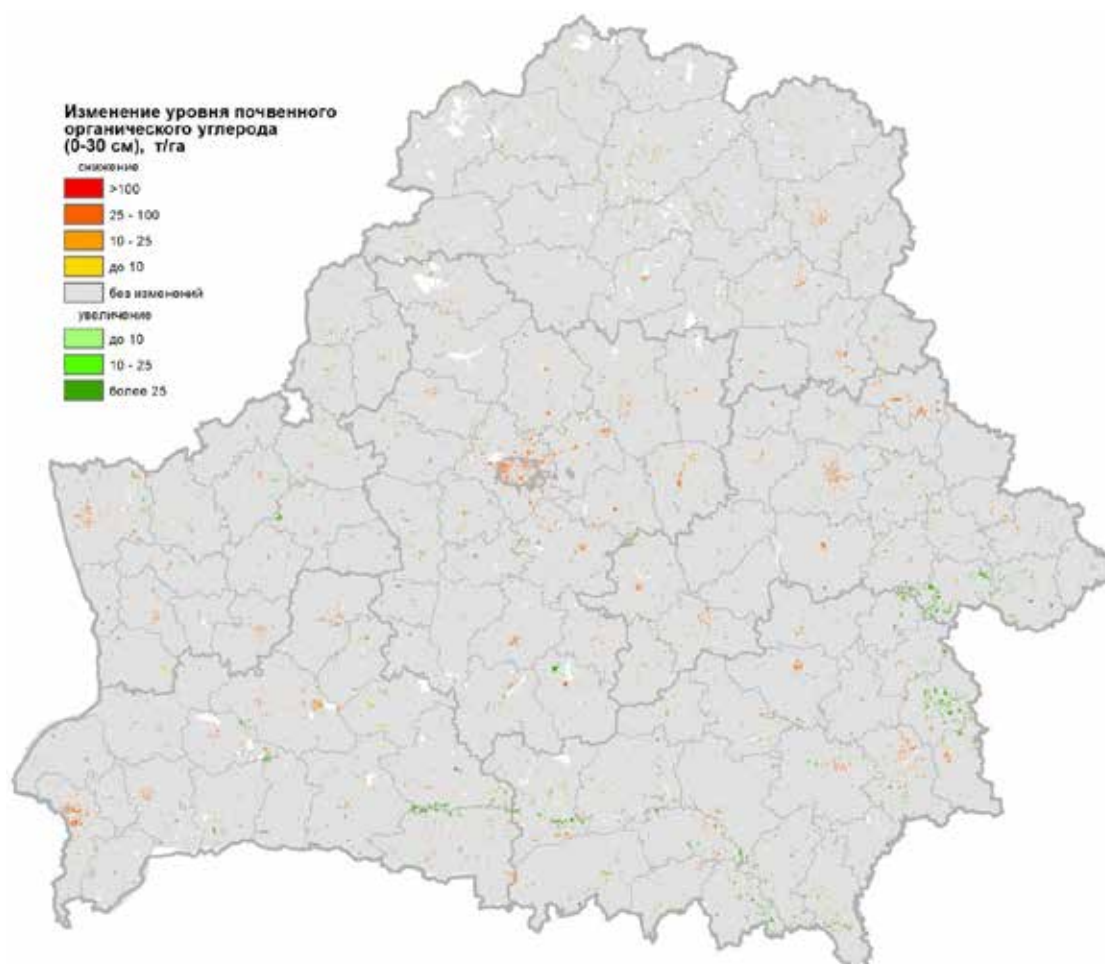


Рисунок 3.11 – Изображение карты распределения запаса органического углерода на территории Республики Беларусь за период 2000–2015 гг. (данные КБО ООН)

Качественная оценка

Интерпретация показателя

На основе количественных данных опишите наиболее значительные отрицательные или положительные изменения запаса органического углерода, а также прямые и (или) косвенные факторы этих изменений.

Класс наземного покрова/освоение земель	Площадь (Км ²)	Изменения запасов почвенного органического углерода (т/га)	Фактор (-ы)		Комментарии	
			Прямой (выбрать один или несколько элементов)	Косвенный (выбрать один или несколько элементов)		
Искусственные поверхности		-18,6	Чрезмерная эксплуатация земель Промышленные и городские территории	Давление избыточного землепользования Бедность Доступность ресурсов Образование		
			Некорректное землепользование Вырубка леса Чрезмерная эксплуатация земель	Давление избыточного землепользования Бедность Доступность ресурсов Образование		
Добавить строку						

Рисунок 3.12 – Пример заполнения таблицы факторов изменений запаса органического углерода

Затем с помощью графической матрицы изменений земного покрова/изменения в землепользовании [4] выявляются основные процессы изменения земного покрова (улучшение, стабильно или деградация). В результате обработки приведенных выше материалов можно произвести оценку общей площади деградированных земель за определенное время. Для этого используются данные, полученные в рамках КБО ООН, совместно с данными земельно-информационной системы Республики Беларусь. Пример результатов такой оценки, отражающей пространственное распределение 3812 км² деградированных земель (выделены красным цветом) по территории Республики Беларусь в течение периода 2000–2015 гг., приведен на рисунке 3.13.

В конечном итоге полученные значения абсолютных и относительных площадей деградированных земель вносятся в отчетную форму «Доли земель, которые деградируют» (рисунок 3.14).

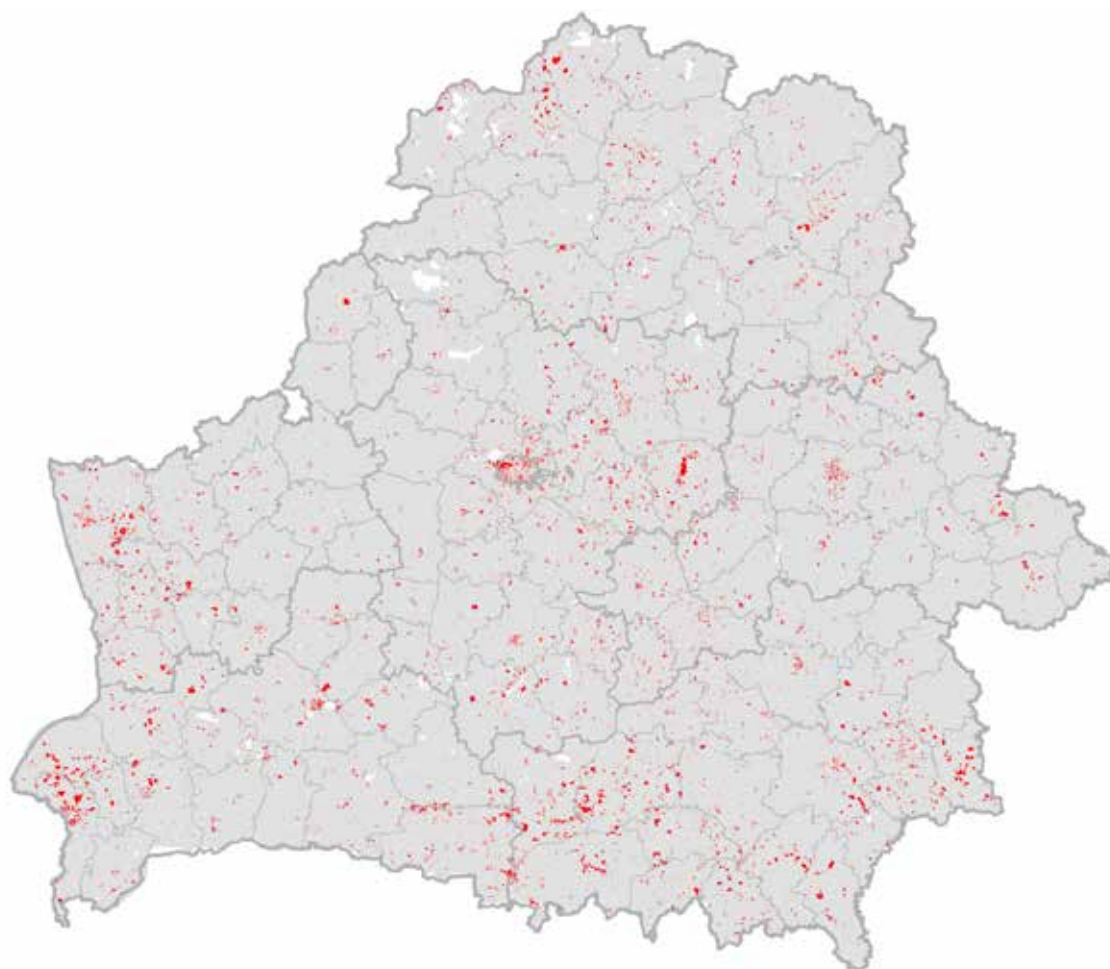


Рисунок 3.13 – Изображение карты распределения деградации земель 2000–2015 гг.

Стратегические цели

Стратегическая цель 1. Улучшить состояние затронутых экосистем, бороться с опустыниванием/деградацией земель, содействовать устойчивому управлению земельными ресурсами и внести вклад в достижение нейтрального баланса деградации земель

SO1 Доля земель, деградировавших по всей площади суши
(целевой показатель устойчивого развития 15.3.1)

Доля земель, которые деградируют

Укажите общую площадь земли, на которой происходит деградация (в км²), и долю деградировавших земель по отношению к общей площади суши (определяется как общая площадь страны, исключая территорию, охватываемую внутренними водоемами, например крупными реками и озерами), а также год.

Общая площадь земли, на которой происходит деградация (Km ²)	Доля деградировавших земель	Год
3.812	1,8	2000-2015

Метод

Используете ли вы 3 вспомогательных показателя (т. е. наземный покров, динамику продуктивности земель и запасы органического углерода в почве) для расчета доли деградировавших земель?

- ☒ Да
☐ Только 2
☐ Только 1
☐ Нет

Применяли ли вы принцип «один решает» для вычисления доли земли, которая деградировала?

- ☒ Да
☐ Нет

Если нет, укажите метод, используемый для оценки доли земли, которая деградирует.

Чтобы ввести текст, нажмите здесь.

Уровень уверенности Укажите уровень уверенности вашей страны в оценке доли деградировавших земель:

- ☐ Высокий (основанный на всесторонних доказательствах)
☒ Средний (основанный на частичных доказательствах)
☐ Низкий (основанный на ограниченных доказательствах)

Опишите, почему для оценки был задан уровень уверенности, выбранный выше

Рисунок 3.14 – Пример заполнения формы оценки целевого показателя устойчивого развития 15.3.1

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показатель SO1-1 является одним из важнейших индикаторов прогресса в достижении НДЗ. Он отражает площадь отдельных классов ЗП, исходя из классификации КБО ООН, а также их долю от общей площади ЗП. Наблюдение за динамикой SO1-1 позволяет оценить тенденции изменения ЗП, выраженные как рост или снижение площади разных классов земного покрова за счет их перехода в другие классы.

Методология расчета SO1-1 предусматривает многоуровневый подход [4]. При этом по умолчанию рекомендовано использование, в качестве исходного, набора глобальных данных ЕКА ПРП-ИИК версии 2.0.7. Вместе с тем наиболее предпочтительным считается использование национальных данных (полученных в процессе различных программ мониторинга, дистанционных и наземных съемок и т. д.) и соответственно специально разработанных под них методик обработки и расчета целевых индикаторов. При этом к ЗП предъявляется ряд минимальных требований, наиболее критичными из которых являются: доступность временных рядов за период 2000–2015 гг.; возможность регулярных обновлений в дальнейшем; разрешение на местности — 300 м; однозначность и завершенность системы классификации, стандартное представление метаданных.

Согласно системе классификации, применяемой для целей отчетности КБО ООН, вся поверхность суши разделяется на 7 классов: зоны с лесным покровом, пастбища, пахотные угодья, водно-болотные угодья, искусственные поверхности, другие земельные участки, водоемы [4]. Национальные либо иные международные системы классификации ЗП, планируемые к применению, могут иметь большее число классов, однако весь их набор должен быть дезагрегирован из основных семи.

Выявление изменений ЗП происходит путем сопоставления двух наборов данных о ЗП, имеющих точную привязку к местности и созданных на единой методической базе (с одинаковым пространственным разрешением, единой схемой классификации ЗП, соизмеримой оценкой точности). Один из них характеризует исходный уровень (t_0), другой — состояние земель на отчетную дату (t_n) [5].

С целью получения национального набора данных для оценки целевых показателей прогресса в контексте КБО ООН может использоваться ЗИС, так как в настоящее время она является наиболее качественным государственным ресурсом пространственных данных Республики Беларусь (с точки зрения актуальности, точности и тематической наполненности информацией о землях).

Основные технические характеристики ЗИС [37], а именно: картографическая проекция и система координат БД ЗИС, минимальные размеры объектов, погрешность нанесения их границ, точность и характер детализации, допуск неразличимости, максимальный временной охват данными — сопоставимы либо существенно превышают технические характеристики глобальных наборов данных, рекомендуемых для использования по умолчанию в рамках КБО ООН.

Технология получения национального набора данных с использованием ЗИС включает операции: выбора оптимальной схемы классификации для ЗП; составления схемы пространственной агрегации классов; перепроецирования данных ЗИС в систему географических координат WGS-84 и синусоидальную картографическую проекцию; конвертацию данных ЗИС из векторной формы в растровую форму с одновременным уменьшением их пространственного разрешения и выполнением генерализации; сшивки растров локальных БД ЗИС в единое покрытие на всю территорию Республики Беларусь; разработку легенды для визуализации ЗП в принятой системе условных знаков.

Продукция, полученная в результате использования предлагаемого подхода (земельное покрытие Республики Беларусь по данным ЗИС на 2015 г. и серия земельных покрытий Минского района Минской области за 2001–2018 гг.), по сво-

им качествам соответствует требованиям отчетности КБО ООН. Более того, она обладает рядом преимуществ по сравнению с наборами данных ЕКА ПРП-ИИК (версия 2.0.7), которые заключаются в следующем:

- высокая точность (благодаря математической основе ЗИС);
- высокая детальность (благодаря сохранению локализации относительно небольших контуров);
- высокая достоверность (благодаря верификации данных в ходе наземного обследования);
- высокая актуальность (благодаря ежегодному (ежедневному) обновлению данных слоя «Land»);
- тесная связь с национальной статистикой.

Вместе с тем можно отметить ряд позиций, способных препятствовать использованию ЗИС для получения национального набора данных. Например:

- отсутствие архива за 15 лет для значительного количества административных районов страны;
- специфический подход к классификации земель (луга, поймы рек, болота и др. могут быть отнесены к различным видам земель);
- изменение со временем схем классификации и детализации представления объектов.

В целом работы, проведенные в рамках договора от 28 мая 2019 № 3882-19, позволили выполнить все задачи, поставленные в ТЗ к договору. В результате получен обзор используемых в КБО ООН подходов к определению показателей, характеризующих меры достижения НДЗ (задача 15.3.1 ЦУР). Создана картосхема, отражающая годы создания ЗИС для каждого района и города Республики Беларусь. На основе данных ЗИС создано ЗП на территорию Республики Беларусь, сопоставимое с глобальным земельным покрытием, предоставляемым в рамках КБО ООН. Также на основе данных ЗИС создана серия земельных покрытий с 2001 по 2018 гг. на территорию Минского района, сопоставимая с серией глобальных земельных покрытий, предоставляемых в рамках КБО ООН. Выполнено сопоставление земельных покрытий, полученных на базе глобальных и национальных данных. Разработана методика использования данных ЗИС для подготовки национальной отчетности в рамках КБО ООН. С ее помощью выполнено обобщение информации, расчет показателя для отчетности по задаче 15.3.1 ЦУР с использованием субиндикаторов SO1-1, SO1-2 и SO1-3 на основе глобальных данных и заполнение формы национальной отчетности КБО ООН.

Исследования показали перспективность совместного использования глобальных данных и данных ЗИС для подготовки национальной отчетности в рамках конвенции ООН по борьбе с опустыниванием в тех странах, которые испытывают серьезную засуху и/или опустынивание, особенно в Африке. Вместе с тем для целей получения более качественной и актуальной информации о динамике показателей прогресса может быть выдвинут ряд предложений. По конкретным направлениям развития системы формирования и анализа национальных данных они могут быть следующими:

1. При создании ЗП на всю территорию Республики Беларусь необходимо исходить из возможности формирования отдельного временного ряда данных для каждой локальной БД ЗИС (поскольку они создавались в разное время).
2. При наличии «дыр» (участков, не заполненных данными ЗИС по объективным причинам) следует заполнять их глобальными данными на ту же дату, т. е. создавать композитное изображение.
3. Схема дезагрегации классификатора ЗП может пересматриваться исходя из объективного анализа результатов, полученных ранее (либо новых сведений).

4. Технология обработки и использования данных ЗИС для целей КБО ООН должна опираться на применение доступного (бесплатного) программного обеспечения с открытым программным кодом.
5. Методика подготовки национальной отчетности в рамках конвенции КБО ООН должна учитывать возможность использования национальных данных для получения субиндикаторов SO1-2 и SO1-3.

Таким образом, исходя из вышесказанного, можно утверждать, что все требования технического задания на выполнение НИР выполнены в полном объеме. Полученные в ходе выполнения исследований материалы и предложения могут быть использованы при оценке показателей прогресса ЦУР и подготовке отчета Республики Беларусь перед КБО ООН.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года / Решения саммита ООН по устойчивому развитию 70-й сессии Генеральной ассамблеи Организации Объединенных Наций в Нью-Йорке 25 сентября 2015 года: .
2. Доклад исполнительного секретаря ICCD/COP(13)/2, КБО ООН, 2017: <https://www.unccd.int/official-documents/cop-13-ordos-china-2017/iccdcop132>.
3. Решение 3/COP.12, КБО ООН, 2015: http://www2.unccd.int/sites/default/files/sessions/documents/ICCD_COP12_20_Add.1/20add1eng.pdf.
4. Руководство по предоставлению отчетности в рамках процесса отчетности на 2017–2018 гг. КБО ООН. Обзор эффективности и оценка системы внедрения. Седьмой процесс предоставления отчетности: https://prais.unccd.int/sites/default/files/helper_documents/2-Manual_RU_0.pdf.
5. Good Practice Guidance SDG Indicator 15.3.1: Proportion of Land that is degraded over total land area. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD) / N. C. Sims [et al.]. Bonn, Germany, 2017. Mode of access: https://prais.unccd.int/sites/default/files/helper_documents/4-GPG_15.3.1_EN.pdf.
6. FAO-GTOS. 2009. Land Cover: Assessment of the status of the development of the standards for the Terrestrial Essential Climate Variables. Global Terrestrial Observing System, Rome.
7. Default data: methods and interpretation. A guidance document for 2018 UNCCD reporting. 2018: https://prais.unccd.int/sites/default/files/helper_documents/3-DD_Guidance_EN_1.pdf.
8. Scientific Conceptual Framework for Land Degradation Neutrality. A Report of the Science-Policy Interface. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD) / B. J. Orr [et al.]. 2017. Bonn, Germany.
9. Land in balance: The scientific conceptual framework for Land Degradation Neutrality. Environmental Science & Policy 79:25-35 / A. L. Cowie [et al.]. 2018.
10. Overview of Land-Cover Classifications and Their Interoperability. In Remote Sensing of Land Use and Land Cover: Principles and Applications / Di Gregorio [et al.]. 2012. P. 37–48.
11. The LDN Target Setting Programme: <http://www.unccd.int/actions/ldn-target-setting-programme>.
12. ISO 19115-1: 2014: <https://www.iso.org/standard/53798.html>.
13. ISO 19144-2: 2012: <https://www.iso.org/standard/44342.html>.
14. ESA-CCI-LC: <https://www.esa-landcover-cci.org>.
15. SEEA-MODIS: <https://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod12.php>.
16. Global land cover share (GLC-SHARE) database beta-release version 1.0-2014 / J. Latham [et al.]. FAO: Rome, Italy, 2014. Mode of access: <http://www.fao.org/uploads/media/glc-share-doc.pdf>.
17. Pixel-based image compositing for large-area dense time series applications and science / J. White [et al.]. Canadian Journal, 2014.
18. Optical remotely sensed time series data for land cover classification: A review / C. Gómez, J. White, M. Wulder // ISPRS Journal of Photogrammetry, 2016.
19. The characterisation and measurement of land cover change through remote sensing: problems in operational applications / R. Fuller, G. Smith, B. Devereux // International Journal of Applied Earth Observation, 2003.
20. On the blending of the Landsat and MODIS surface reflectance: Predicting daily Landsat surface reflectance / F. Gao, J. Masek, M. Schwaller // IEEE Transactions on, 2006.

21. *Generation of dense time series synthetic Landsat data through data blending with MODIS using a spatial and temporal adaptive reflectance fusion model. Remote Sensing of Environment* 113: 1988–1999 / T. Hilker [et al.]. 2009.
22. *An analysis of the IGBP global land-cover characterization process. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 65: 1021–1032 / Loveland T. R. [et al.]. 1999.
23. *GLC2000: a new approach to global land cover mapping from Earth observation data* / E. Bartholomé, A. S. Belward // *International Journal of Remote Sensing*, 26(9). 2005. P.1959–1977.
24. *Map accuracy assessment and area estimation: A practical guide* / Y. Finegold [et al.]. Rome, 2016.
25. *Land cover CCI. Product User Guide Version 2* / P. Defourny [et al.]. 2012.
26. *FAO, 2014. Global Land Cover-SHARE of year 2014 – Beta-Release 1.0. Mode of access: http://www.glcn.org/databases/lc_glcshare_method_en.jsp. Date of access: January 25, 2017.*
27. *The National Dynamic Land Cover Dataset. Geoscience Australia* / L. Lymburner [et al.]. Symonston, Australia, 2011.
28. *Crowdsourcing In-Situ Data on Land Cover and Land Use Using Gamification and Mobile Technology* / J. C. Laso Bayas [et al.]. *Remote Sensing*, 8(11). 2016. P. 905.
29. *Geo-Wiki: An online platform for improving global land cover. Environmental Modelling & Software*, 31 / S. Fritz [et al.]. 2012. P.110–123.
30. *A meta-analysis of remote sensing research on supervised pixel-based land-cover image classification processes: General guidelines for practitioners and future research* / R. Khatami, G. Mountrakis, S. V. Stehman // *Remote Sensing of Environment*, 177. 2016. P. 89–100.
31. *Revisiting land cover observations to address the needs of the climate modeling community* / S. Bontemps [et al.] // *Biogeosciences*, 9, 2012. P. 2145–2157.
32. *Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change* / P. Olofsson [et al.] // *Remote Sensing of Environment* 148. 2014. P. 42–57.
33. *Land cover classification for ecosystem accounting, Expert Meeting on Ecosystem Accounts* / Di A. Gregorio, G. Jaffrain, J.-L. Weber. 5–7 December 2011. London, UK.
34. *Revisiting land-cover mapping concepts. Remote Sensing of Land Use and Land Cover: Principles and Applications* / P. Defourny, S. Bontemp. 2012. P. 49–63.
35. *CRIC 15 Discusses Future of Reporting, UNCCD Strategic Framework: <http://sdg.iisd.org/news/cric-15-discusses-future-of-reporting-unccd-strategic-framework>.*
36. *Кодекс Республики Беларусь о земле, 23 июля 2008 г., № 425-З. / Нац. Регистр правовых актов Респ. Беларусь. 2008. №187. 2/1522.*
37. *Земельно-информационная система Республики Беларусь. Порядок создания и ведения (эксплуатации, обновления) ТКП 610-2017 (33520): технический кодекс установившейся практики / Государственный комитет по имуществу Республики Беларусь. 108 с.*

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Агрегированный класс (классификация КБО ООН)	Вид земель (Кодекс Республики Беларусь о земле)	Тип	Код	Наименование кода (подтипа) земель
1	2	3	4	5
Древесный покров Tree-covered areas (1)	5 – лесные земли	201	291	Леса хвойные (=326)
			292	Леса хвойные защитного и природоохранного назначения (=291)
			293	Леса хвойные рекреационного назначения (=291)
			301	Леса лиственные (=326)
			302	Леса лиственные защитного и природоохранного назначения (=301)
			303	Леса лиственные рекреационного назначения (=301)
		202	311	Леса смешанные (=326)
			312	Леса смешанные защитного и природоохранного назначения (=311)
			313	Леса смешанные рекреационного назначения (=311)
			326	Леса
			294	Посадки хвойные (=327)
			304	Посадки лиственные (=327)
			314	Посадки смешанные (=327)
	203	205	327	Посадки
			295	Поросль хвойная (=328)
			305	Поросль лиственная (=328)
			315	Поросль смешанная (=328)
			328	Поросль
	204	205	324	Вырубки
			325	Гари
			329	Прочие лесные
			321	Прочие лесопокорытые производственного назначения (=3210)
			322	Прочие лесопокорытые защитного и природоохранного назначения (=3210)

«МЕТОДИКА СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ ДАННЫХ И ДАННЫХ ЗЕМЕЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ НАЦИОНАЛЬНОЙ ОТЧЕТНОСТИ В РАМКАХ КОНВЕНЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ ПО БОРЬБЕ С ОПУСТЫНИВАНИЕМ В ТЕХ СТРАНАХ, КОТОРЫЕ ИСПЫТЫВАЮТ СЕРЬЕЗНУЮ ЗАСУХУ И/ИЛИ ОПУСТЫНИВАНИЕ, ОСОБЕННО В АФРИКЕ»

1	2	3	4	5
Луговые земли Grasslands (2)	растительностью (насаждениями)		323	Прочие лесопокрытые рекреационного назначения (=3210)
			389	Древесно-кустарниковая растительность вне лесхоза (=3210)
			3210	Под древесно-кустарниковой растительностью (кроме лесополос)
			3220	Под лесополосами и полосами кустарниковых насаждений
	9 – земли под дорогами и иными транспортными коммуникациями	205	444	Просеки
	10 – земли общего пользования	502	460	Парки и скверы
	4 – луговые земли (естественные)		111	Луговые заливные чистые
			112	Луговые заливные закустаренные
			114	Прочие луговые заливные
			121	Луговые суходольные чистые
			122	Луговые суходольные закустаренные
			124	Прочие луговые суходольные
			131	Луговые заболоченные чистые
			132	Луговые заболоченные закустаренные
			134	Прочие луговые заболоченные
			171	Пастбища суходольные чистые (=121)
		172	Пастбища суходольные закустаренные (=122)	
		181	Пастбища заболоченные чистые (=131)	
	182	Пастбища заболоченные закустаренные (=132)		
9 – земли под дорогами и иными транспортными коммуникациями	401	704	Скотопрогоны	
10 – земли общего пользования	403	442	Земли под трубопроводами	
13 – неиспользуемые земли	502	456	Газоны, клумбы	
Пахотные земли Cropland (3)	1 – пахотные земли	602	59	Бывшие сельскохозяйственные земли, загрязненные радионуклидами
	2 – залежные земли	101	3	Пахотные
		505	471	Теплицы, парники
		101	4	Залежные

«МЕТОДИКА СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ ДАННЫХ И ДАННЫХ ЗЕМЕЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ НАЦИОНАЛЬНОЙ ОТЧЕТНОСТИ В РАМКАХ КОНВЕНЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ ПО БОРЬБЕ С ОПУСТЫНИВАНИЕМ В ТЕХ СТРАНАХ, КОТОРЫЕ ИСПЫТЫВАЮТ СЕРЬЕЗНУЮ ЗАСУХУ И/ИЛИ ОПУСТЫНИВАНИЕ, ОСОБЕННО В АФРИКЕ»

1	2	3	4	5	
	3 – земли под постоянными культурами	102	5	Прочие постоянные культуры (=6,7,8 или 9)	
			6	Сады	
			7	Ягодники	
			8	Плантации	
			9	Плодопитомники	
	4 – луговые земли (улучшенные)	103	113	Луговые заливные улучшенные	
			123	Луговые суходольные улучшенные	
			173	Пастбища суходольные улучшенные (=123)	
	Заболоченные земли Wetlands (4)	7 – земли под болотами	206	34	Болота верховые
				35	Болота переходные
36				Болота низинные	
441				Дороги полевые, лесные	
Искусственные поверхности Artificial areas (5)	9 – земли под дорогами и иными транспортными коммуникациями	401	445	Проселочные дороги	
			446	Дороги улучшенные: проезжие части	
			447	Дороги улучшенные: обочины	
			448	Дороги улучшенные: кюветы	
			449	Дороги улучшенные: откосы	
		402	450	Дороги улучшенные: разделительные полосы	
			701	Железные дороги: полотно	
			702	Железные дороги: кюветы	
			703	Железные дороги: откосы	
			705	Железные дороги: платформы грузовые и пассажирские	
10 – земли общего пользования	501	440	Прочие под коммуникациями		
		443	Мосты, путепроводы, эстакады (=440)		
		451	Площади		
		452	Улицы и проезды		
		453	Проезжие части улиц и проездов		
			454	Тротуары и пешеходные дорожки	

1	2	3	4	5
		502	455	Бульвары
		503	457	Другие места общего пользования
		503	67	Усадебные земли
	- - - несколько видов - - -	503	461	Хозяйственные дворы
			463	Открытые склады
			473	Загоны
	11 – земли под застройкой	504	464	Постройки жилые огнестойкие
			465	Постройки жилые неогнестойкие
			466	Постройки жилые смешанные
			467	Постройки нежилые огнестойкие
			468	Постройки нежилые неогнестойкие
			469	Постройки нежилые смешанные
		501	458	Крыльца и отмостки зданий
			459	Лестницы
	12 – нарушенные земли	601	462	Силосные ямы
			470	Постройки легкого типа
			472	Другие строения, сооружения, дворы
			48	Прочие нарушенные земли
			49	Земли, нарушенные при разработке полезных ископаемых
Лишенные покрова и другие земли Bare land and other areas (6)	13 – неиспользуемые земли	602	50	Земли, нарушенные при торфоразработках (=500)
			51	Земли, нарушенные при ведении строительных работ
			52	Земли, нарушенные при добыче сапропелей (=500)
			500	Земли, нарушенные при торфоразработках и добыче сапропелей
			53	Прочие неиспользуемые земли
			54	Пески, лишенные растительности
			55	Овраги и промоины
			56	Валы корчевания
			58	Выгоревшие торфяники

1	2	3	4	5
			662	Курганы
			663	Ямы
			664	Вымочки
			661	Дамбы
		505	667	Другие откосы
		701	23	Земли в стадии мелиоративного строительства
			24	Земли в стадии восстановления плодородия
		702	37	Разработки торфа (=370)
			38	Разработка сапропелей (=370)
			370	Разработки торфа и сапропелей
			665	Отвалы и терриконы
			668	Карьеры и разработки
			669	Стройплощадки
			62	Прочие свалки
	14 – иные земли	703	63	Свалки бытовые
			64	Свалки промышленные
			65	Свалки загрязненных радионуклидами земель
			60	Кладбища
		704	61	Скотомогильники
		705	57	Под бровками
			666	Другие земли
		301	40	Реки (=400)
			43	Каналы и канавы
			400	Реки и ручьи
			401	Ручьи (=400)
		302	39	Прочие водные объекты (=400, 41, 42 или 43)
			41	Озера
			42	Водохранилища и пруды
	Водные объекты Water bodies (7)	8 – земли под водными объектами		

Приложение Б

Текст выражения для инструмента ПО «Калькулятор поля», используемый при переклассификации видов, подвидов, разновидностей земель в составе ЗИС [37] в соответствии с системой, используемой в рамках отчетности КБО ООН [4]

```

z=0
n=«»
Select Case [LANDCODE]
case 291, 292, 293, 301, 302, 303, 311, 312, 313, 326, 294, 304, 314, 327, 295, 305, 315,
328, 324, 325, 329, 321, 3210, 322, 3220, 323, 389, 444, 460
z=1
n=«Tree-covered areas»
case 111, 112, 114, 121, 122, 124, 131, 132, 134, 171, 172, 181, 182, 704, 442, 456, 59
z=2
n=«Grassland»
case 3, 471, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 113, 123, 173
z=3
n=«Cropland»
case 34, 35, 36
z=4
n=«Wetland»
case 441, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 701, 702, 703, 705, 440, 443, 451, 452, 453, 454,
455, 457, 67, 459, 458, 467, 468, 469, 470, 472, 464, 465, 466, 461, 463, 473, 462
z=5
n=«Artificial areas»
case 48, 49, 50, 500, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 662, 663, 664, 661, 667, 61, 666, 23, 24,
668, 665, 37, 38, 370, 669, 62, 63, 64, 65, 57, 60, 99
z=6
n=«Bare land and other areas»
case 39, 40, 400, 41, 42, 43, 401
z=7
n=«Water bodies»
End Select
__esri_field_calculator_splitter__
    
```

Приложение В

Изображения цифровых карт земельного покрытия Минского района за 2001, 2005, 2010, 2015 и 2018 гг.

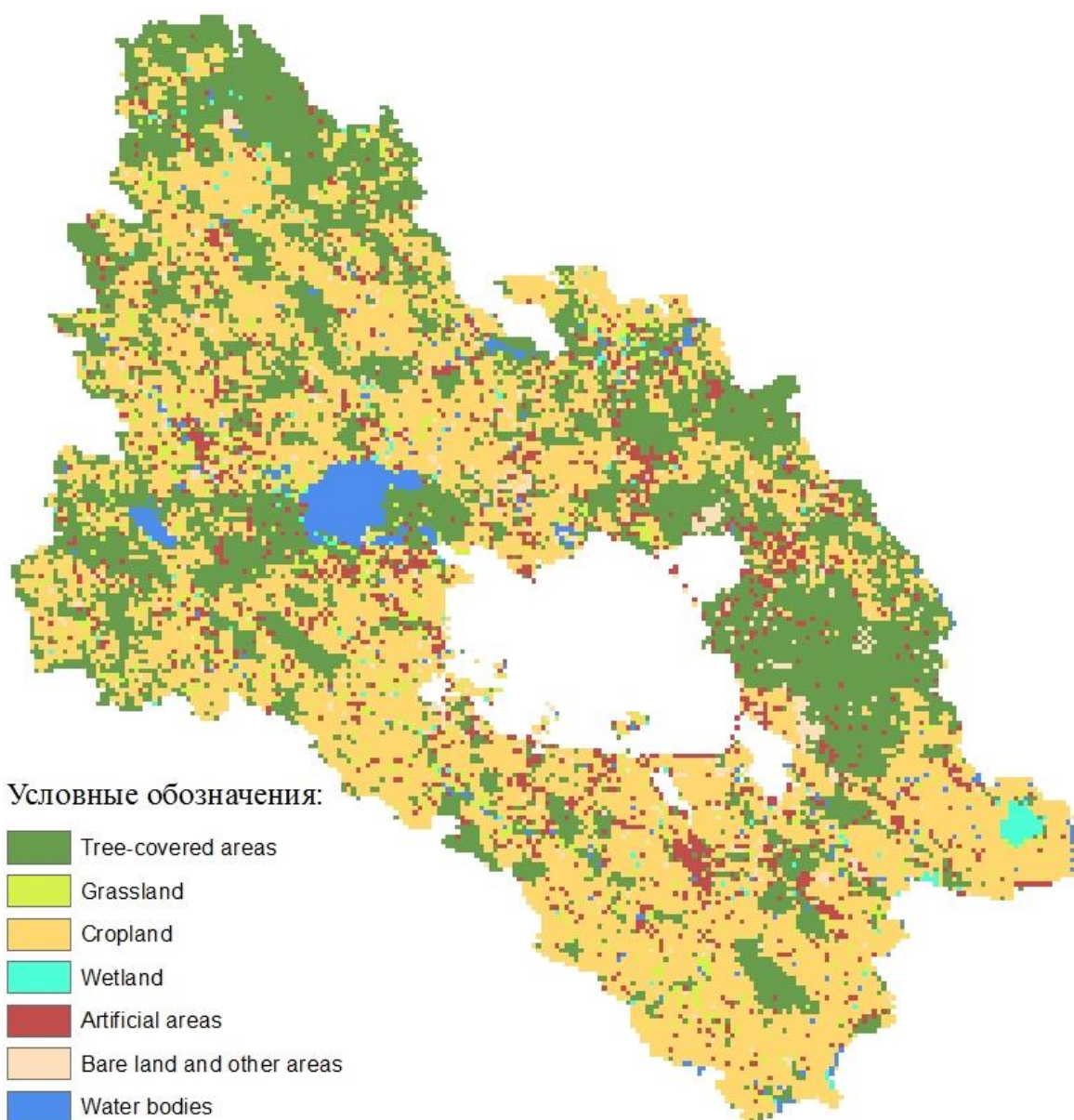


Рисунок В.1 – Изображение цифровой карты земельного покрытия Минского района за 2001 г.

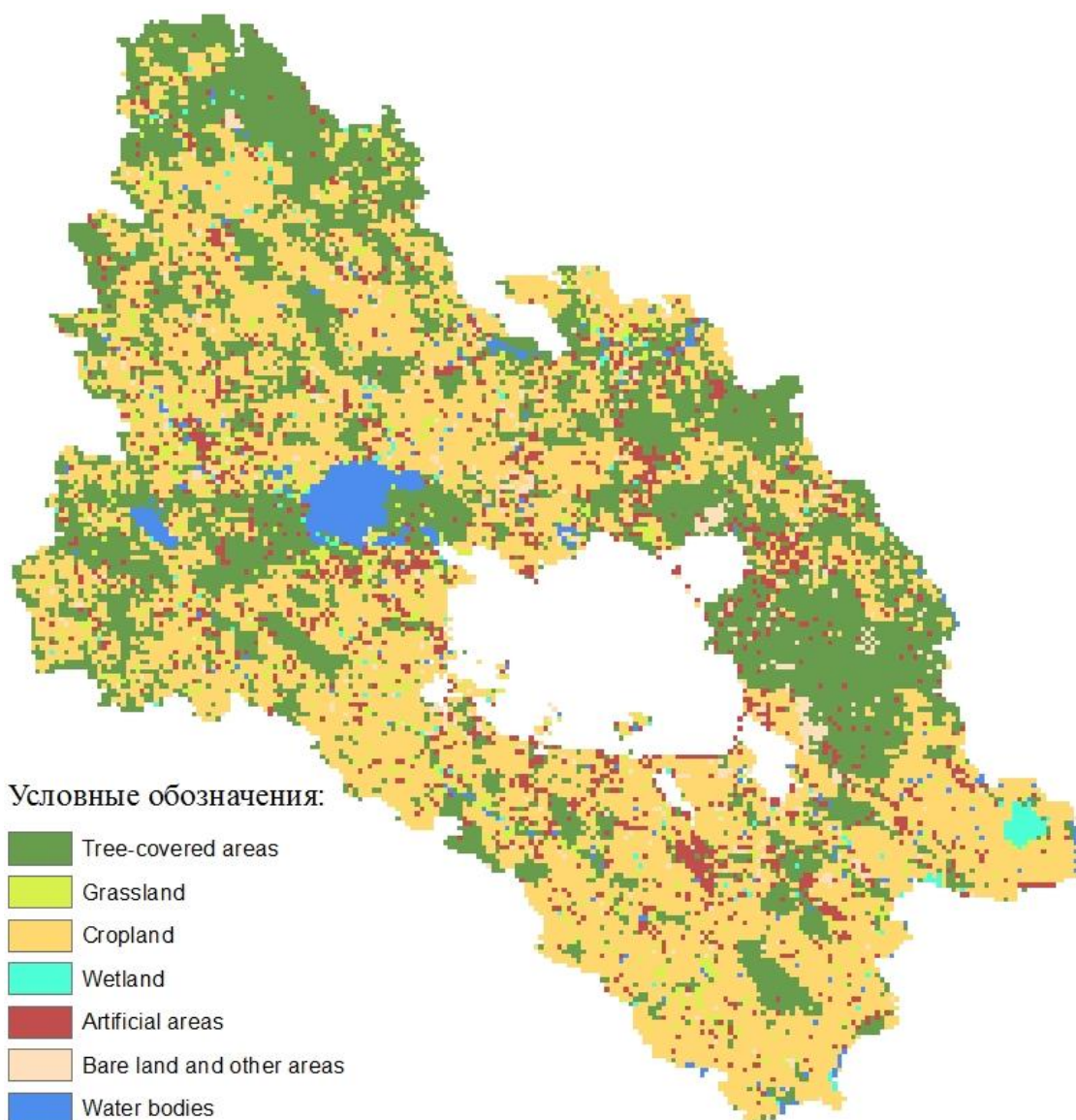


Рисунок В.2 – Изображение цифровой карты земельного покрытия Минского района за 2005 г.

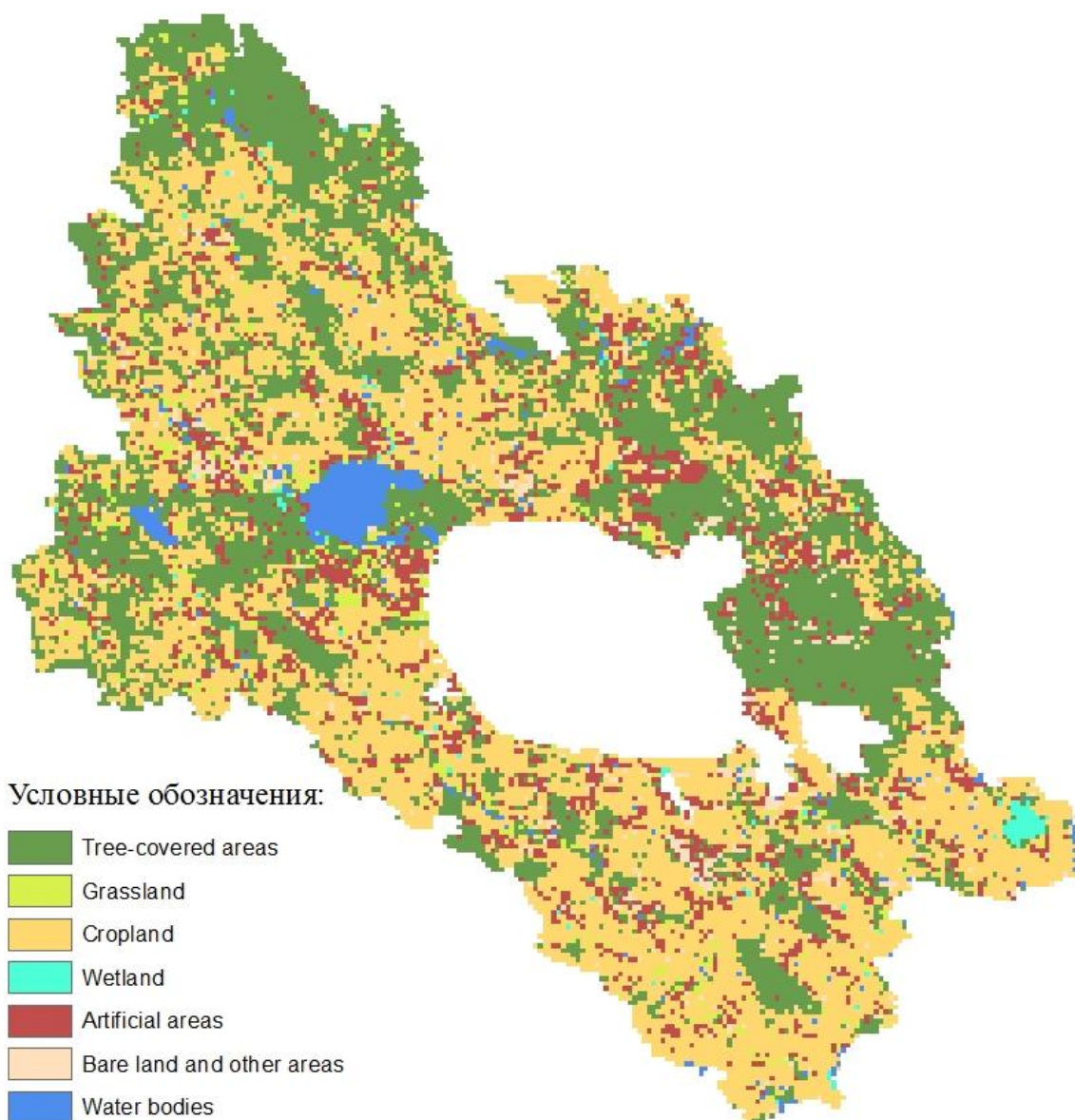


Рисунок В.3 – Изображение цифровой карты земельного покрытия Минского района за 2010 г.

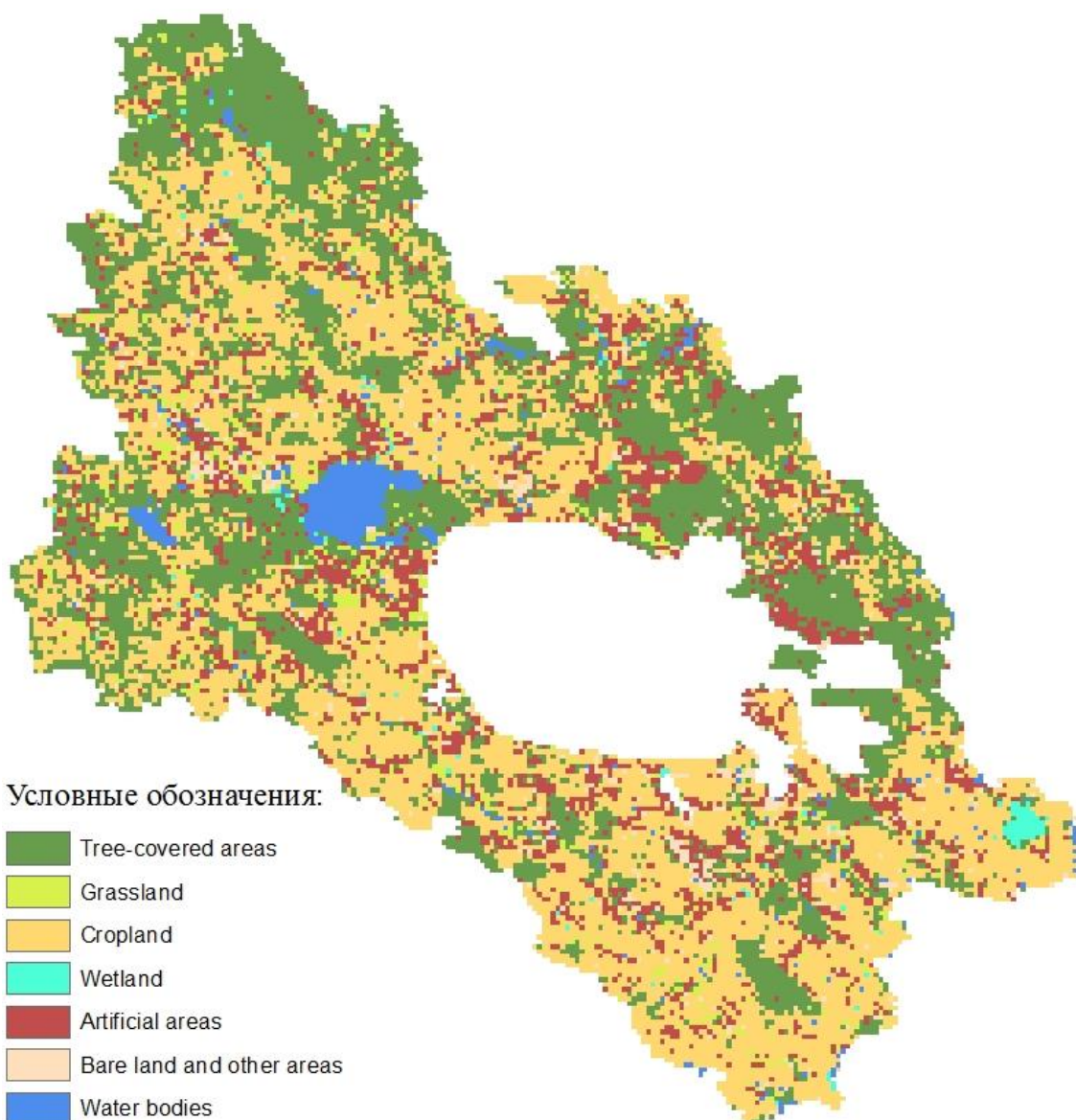


Рисунок В.4 – Изображение цифровой карты земельного покрытия Минского района за 2015 г.

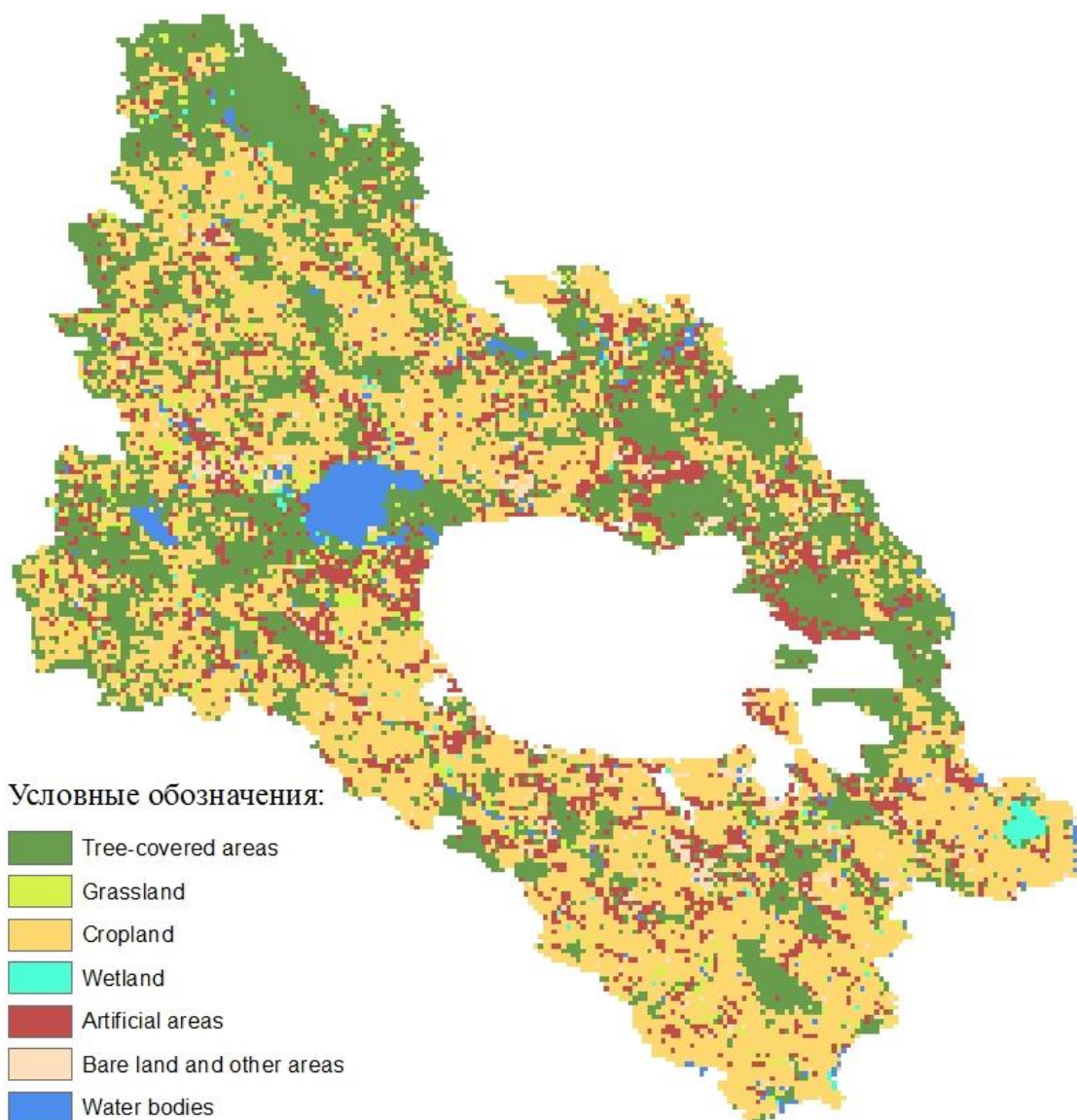


Рисунок В.5 – Изображение цифровой карты земельного покрытия Минского района за 2018 г.

Данные пространственного анализа земельного покрытия, полученного на основе глобальных и национальных данных

Количество ячеек относительно классов, составляющих земельное покрытие

Глобальные данные	2001	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1 Древесный покров	7229	7203	7202	7195	7172	7181	7179	7192	7225	7221	7219	7201	7204	7200	7197
2 Луговые земли	328	328	323	322	321	320	318	318	318	318	318	316	316	314	314
3 Пахотные земли	14853	14603	14348	14127	14113	14091	14078	13994	13947	13945	13943	13932	13931	13924	13920
4 Заболоченные земли	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	15	15	14	14
5 Искусственные поверхности	1935	2211	2476	2702	2740	2754	2771	2841	2860	2866	2871	2902	2905	2913	2920
6 Другие земли	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7 Водные объекты	480	480	479	482	482	482	482	482	477	477	476	475	475	479	479

Приложение Г

Национальные данные	2001	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1 Древесный покров	8001	7955	7960	7974	7721	7727	7742	7744	7260	7257	7257	7254	8036	8025	8042
2 Луговые земли	569	569	572	603	499	508	500	498	489	494	494	494	551	539	538
3 Пахотные земли	12702	12643	12551	12504	10327	10307	10238	10229	10078	10055	10055	9986	10746	10736	10740
4 Заболоченные земли	95	95	95	95	77	77	77	77	76	76	76	76	76	76	76
5 Искусственные поверхности	2679	2782	2863	2871	2198	2202	2274	2285	2501	2523	2523	2589	4701	4731	4688
6 Другие земли	274	276	282	277	249	250	242	240	210	210	210	215	221	220	242
7 Водные объекты	518	518	518	517	461	461	458	458	458	458	458	457	515	517	518

«МЕТОДИКА СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ ДАННЫХ И ДАННЫХ ЗЕМЕЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ НАЦИОНАЛЬНОЙ ОТЧЕТНОСТИ В РАМКАХ КОНВЕНЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ ПО БОРЬБЕ С ОПУСТЫНИВАНИЕМ В ТЕХ СТРАНАХ, КОТОРЫЕ ИСПЫТЫВАЮТ СЕРЬЕЗНУЮ ЗАСУХУ И/ИЛИ ОПУСТЫНИВАНИЕ, ОСОБЕННО В АФРИКЕ»

Суммарная площадь классов, составляющих земельное покрытие, га

Глобальные данные		2001	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1	Древесный покров	651	648	648	648	645	646	646	647	650	650	650	648	648	648	648
2	Луговые земли	30	30	29	29	29	29	29	29	29	29	29	28	28	28	28
3	Пахотные земли	1337	1314	1291	1271	1270	1268	1267	1259	1255	1255	1255	1254	1254	1253	1253
4	Заболоченные земли	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	Искусственные поверхности	174	199	223	243	247	248	249	256	257	258	258	261	261	262	263
6	Другие земли	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	Водные объекты	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43

Национальные данные		2001	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1	Древесный покров	720	716	716	718	695	695	697	697	653	653	653	653	723	722	724
2	Луговые земли	51	51	51	54	45	46	45	45	44	44	44	44	50	49	48
3	Пахотные земли	1143	1138	1130	1125	929	928	921	921	907	905	905	899	967	966	967
4	Заболоченные земли	9	9	9	9	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
5	Искусственные поверхности	241	250	258	258	198	198	205	206	225	227	227	233	423	426	422
6	Другие земли	25	25	25	25	22	23	22	22	19	19	19	19	20	20	22
7	Водные объекты	47	47	47	47	41	41	41	41	41	41	41	41	46	47	47

«МЕТОДИКА СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ ДАННЫХ И ДАННЫХ ЗЕМЕЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ НАЦИОНАЛЬНОЙ ОТЧЕТНОСТИ В РАМКАХ КОНВЕНЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ ПО БОРЬБЕ С ОПУСТЫНИВАНИЕМ В ТЕХ СТРАНАХ, КОТОРЫЕ ИСПЫТЫВАЮТ СЕРЬЕЗНУЮ ЗАСУХУ И/ИЛИ ОПУСТЫНИВАНИЕ, ОСОБЕННО В АФРИКЕ»

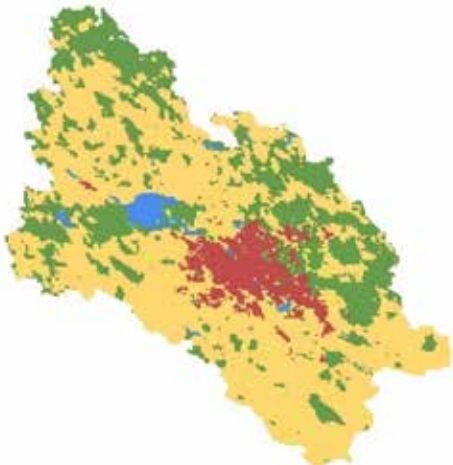
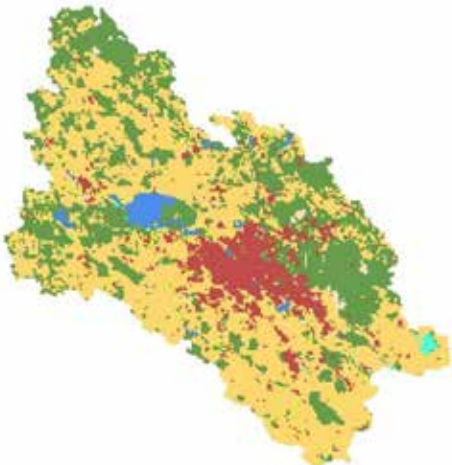
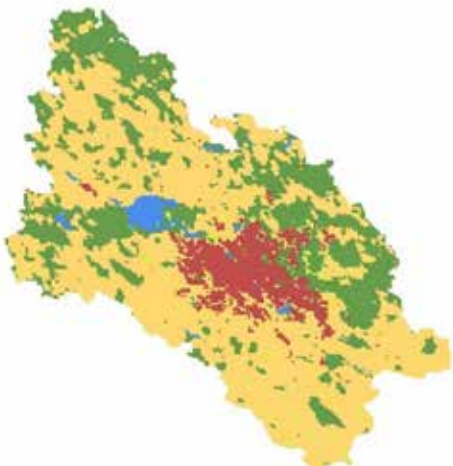
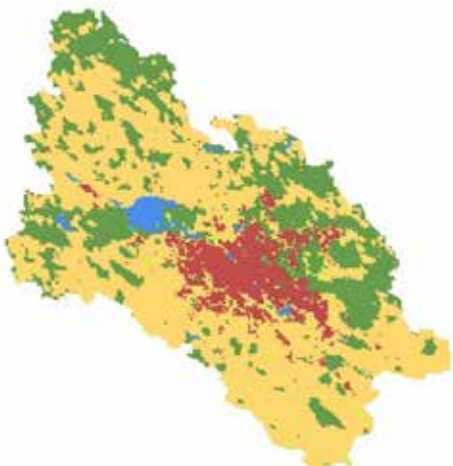
Относительная площадь классов, составляющих земельное покрытие

Глобальные данные	2001	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1 Древесный покров	29,1	29,0	29,0	29,0	28,9	28,9	28,9	29,0	29,1	29,1	29,1	29,0	29,0	29,0	29,0
2 Луговые земли	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
3 Пахотные земли	59,8	58,8	57,8	56,9	56,7	56,7	56,7	56,3	56,1	56,1	56,1	56,1	56,1	56,0	56,0
4 Заболоченные земли	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
5 Искусственные поверхности	7,8	8,9	10,0	10,9	11,0	11,1	11,2	11,4	11,5	11,5	11,6	11,7	11,7	11,7	11,8
6 Другие земли	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7 Водные объекты	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9

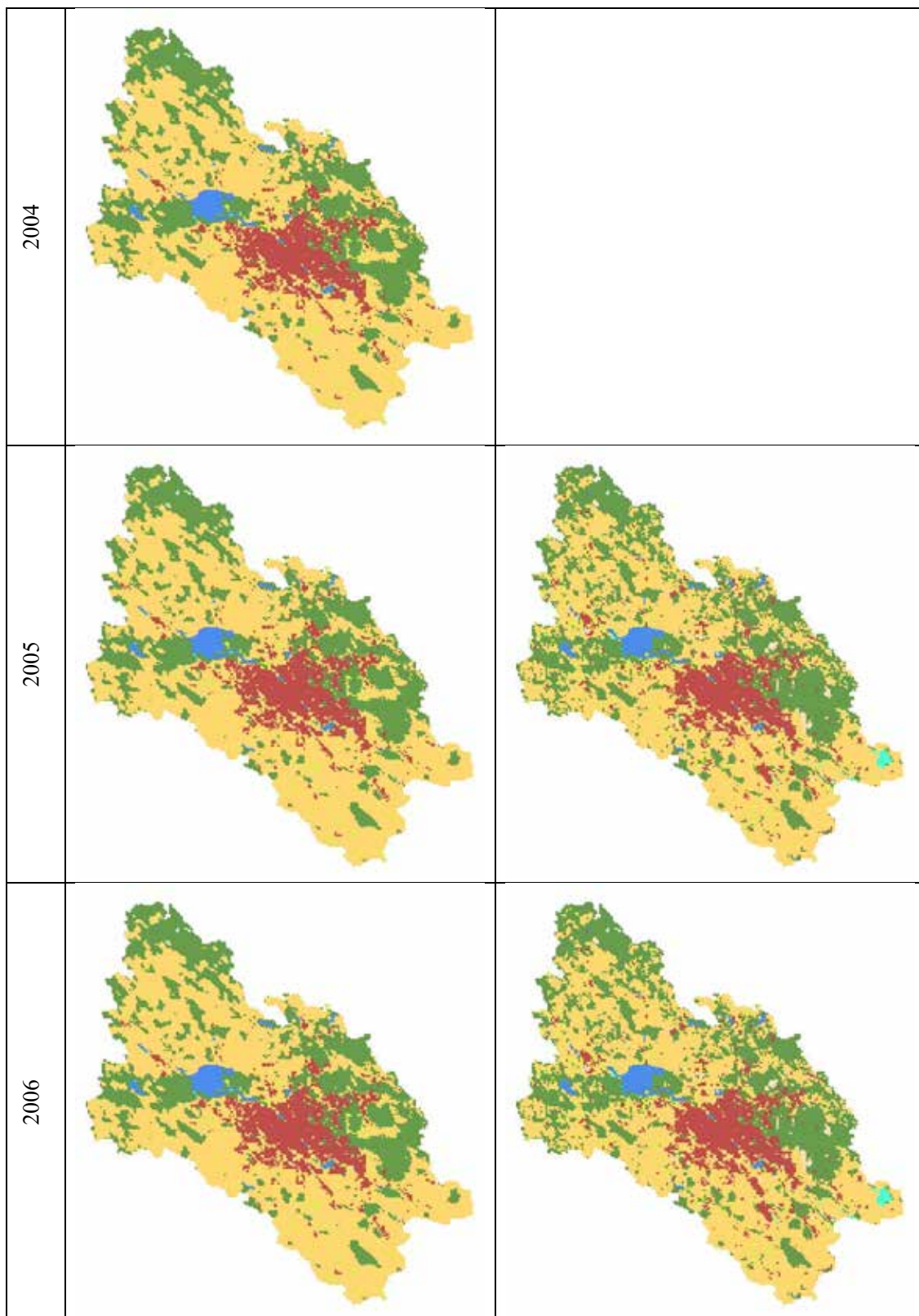
Национальные данные	2001	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1 Древесный покров	32,2	32,0	32,0	32,1	35,9	35,9	36,0	36,0	34,5	34,4	34,4	34,4	32,3	32,3	32,4
2 Луговые земли	2,3	2,3	2,3	2,4	2,3	2,4	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,2	2,2	2,2
3 Пахотные земли	51,1	50,9	50,5	50,3	48,0	47,9	47,6	47,5	47,8	47,7	47,7	47,4	43,3	43,2	43,2
4 Заболоченные земли	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3
5 Искусственные поверхности	10,8	11,2	11,5	11,6	10,2	10,2	10,6	10,6	11,9	12,0	12,0	12,3	18,9	19,0	18,9
6 Другие земли	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	1,0
7 Водные объекты	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,2	2,1	2,1	2,1

Приложение Д

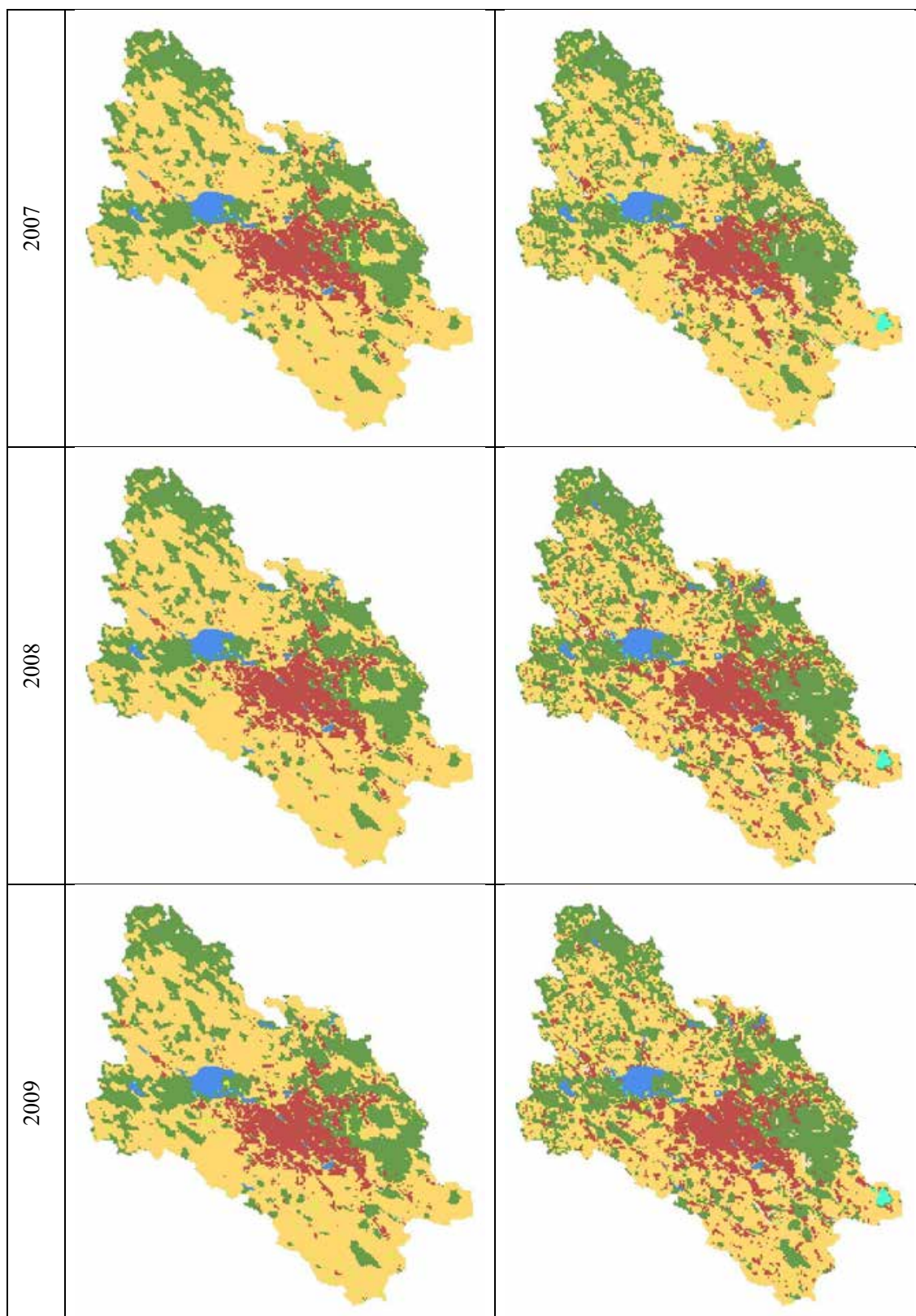
Сопоставление карт ЗП, полученных на основе глобальных и национальных данных

Год	Глобальные данные	Национальные данные
2001		
2002		
2003		

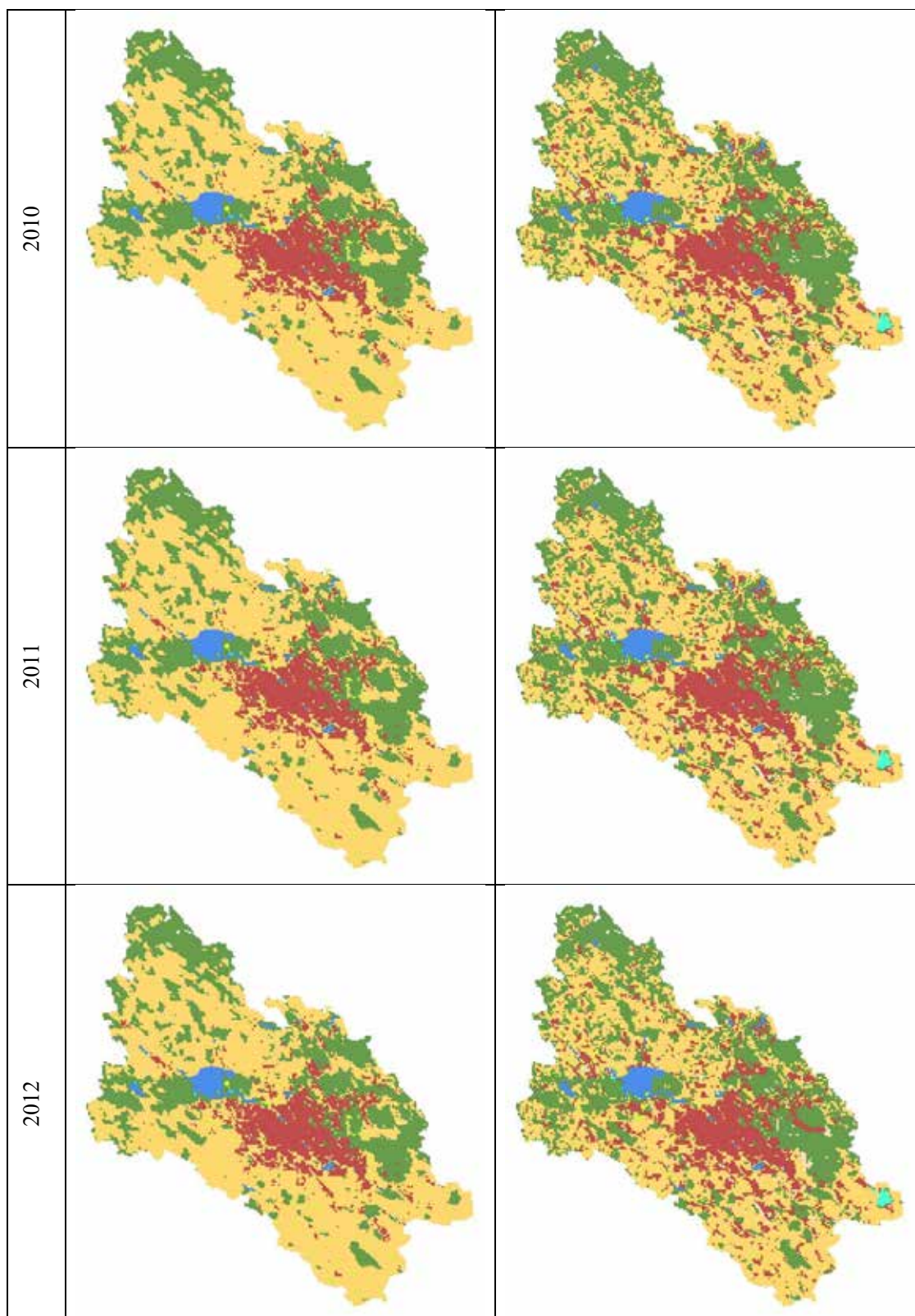
«МЕТОДИКА СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ ДАННЫХ И ДАННЫХ ЗЕМЕЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ НАЦИОНАЛЬНОЙ ОТЧЕТНОСТИ В РАМКАХ КОНВЕНЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ ПО БОРЬБЕ С ОПУСТЫНИВАНИЕМ В ТЕХ СТРАНАХ, КОТОРЫЕ ИСПЫТЫВАЮТ СЕРЬЕЗНУЮ ЗАСУХУ И/ИЛИ ОПУСТЫНИВАНИЕ, ОСОБЕННО В АФРИКЕ»



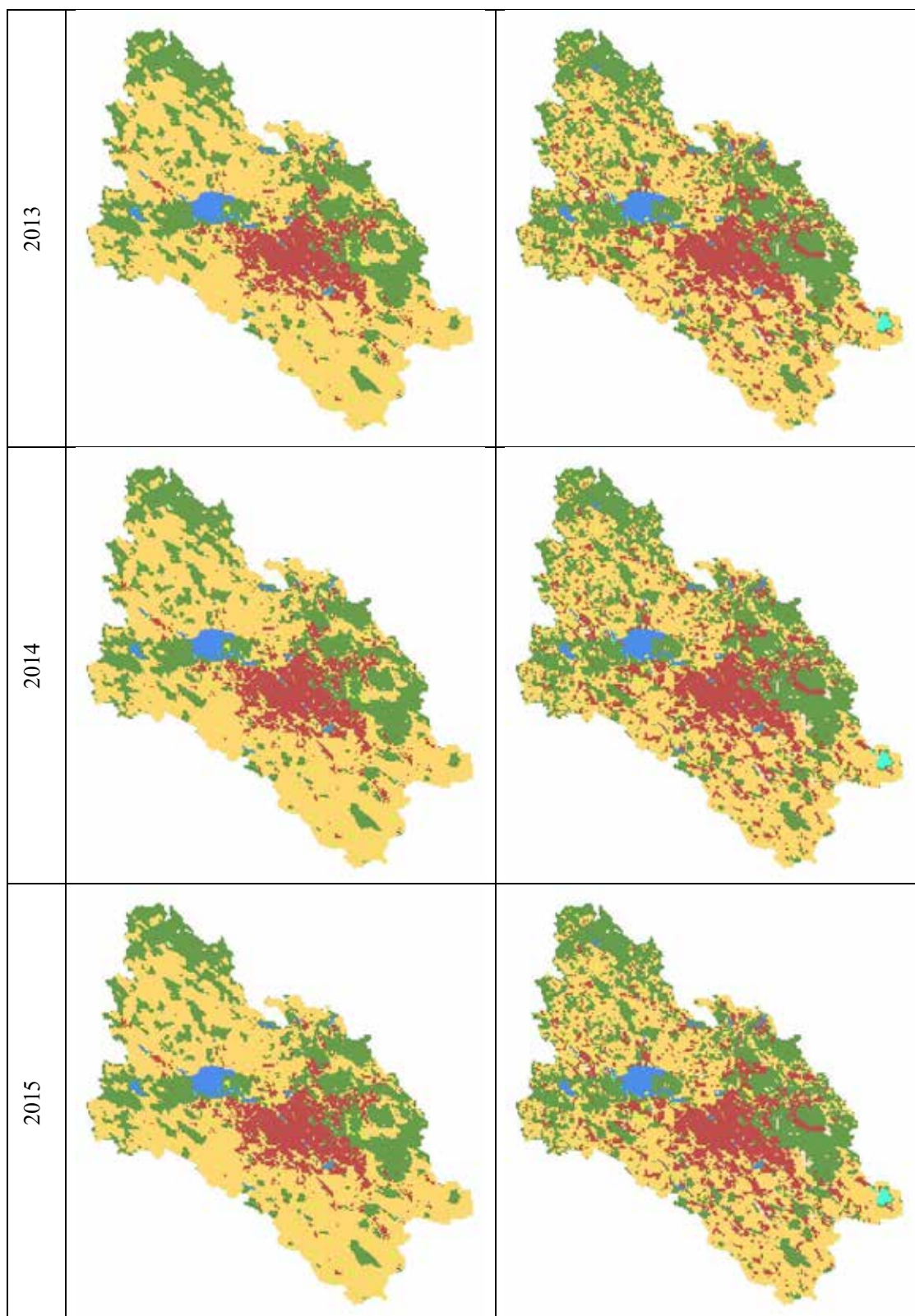
«МЕТОДИКА СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ ДАННЫХ И ДАННЫХ ЗЕМЕЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ НАЦИОНАЛЬНОЙ ОТЧЕТНОСТИ В РАМКАХ КОНВЕНЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ ПО БОРЬБЕ С ОПУСТЫНИВАНИЕМ В ТЕХ СТРАНАХ, КОТОРЫЕ ИСПЫТЫВАЮТ СЕРЬЕЗНУЮ ЗАСУХУ И/ИЛИ ОПУСТЫНИВАНИЕ, ОСОБЕННО В АФРИКЕ»



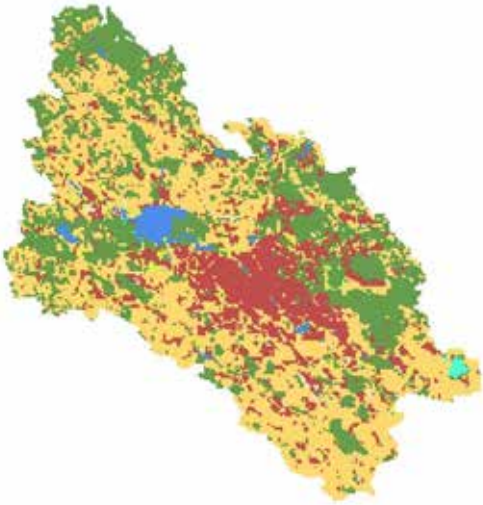
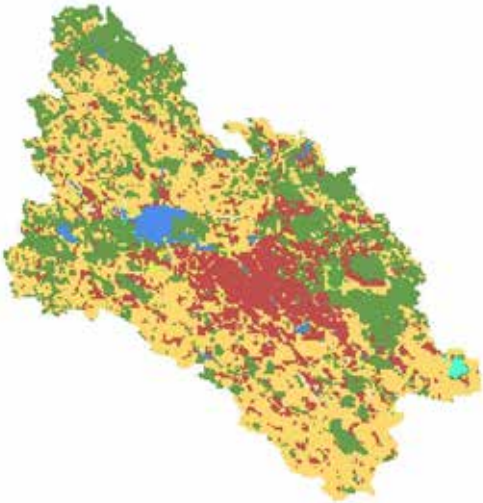
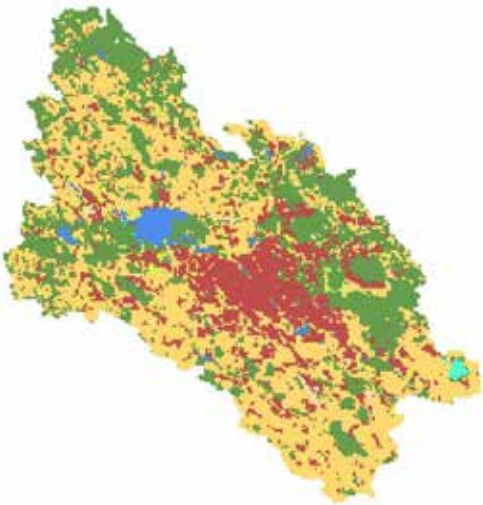
«МЕТОДИКА СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ ДАННЫХ И ДАННЫХ ЗЕМЕЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ НАЦИОНАЛЬНОЙ ОТЧЕТНОСТИ В РАМКАХ КОНВЕНЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ ПО БОРЬБЕ С ОПУСТЫНИВАНИЕМ В ТЕХ СТРАНАХ, КОТОРЫЕ ИСПЫТЫВАЮТ СЕРЬЕЗНУЮ ЗАСУХУ И/ИЛИ ОПУСТЫНИВАНИЕ, ОСОБЕННО В АФРИКЕ»



«МЕТОДИКА СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ ДАННЫХ И ДАННЫХ ЗЕМЕЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ НАЦИОНАЛЬНОЙ ОТЧЕТНОСТИ В РАМКАХ КОНВЕНЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ ПО БОРЬБЕ С ОПУСТЫНИВАНИЕМ В ТЕХ СТРАНАХ, КОТОРЫЕ ИСПЫТЫВАЮТ СЕРЬЕЗНУЮ ЗАСУХУ И/ИЛИ ОПУСТЫНИВАНИЕ, ОСОБЕННО В АФРИКЕ»



«МЕТОДИКА СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ ДАННЫХ И ДАННЫХ ЗЕМЕЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ НАЦИОНАЛЬНОЙ ОТЧЕТНОСТИ В РАМКАХ КОНВЕНЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ ПО БОРЬБЕ С ОПУСТЫНИВАНИЕМ В ТЕХ СТРАНАХ, КОТОРЫЕ ИСПЫТЫВАЮТ СЕРЬЕЗНУЮ ЗАСУХУ И/ИЛИ ОПУСТЫНИВАНИЕ, ОСОБЕННО В АФРИКЕ»

2016		
2017		
2018		

Справочное издание

**А. С. Коробкин
И. П. Самсоненко
А. П. Теренева
Н. Н. Шарох**

**МЕТОДИКА СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ГЛОБАЛЬНЫХ ДАННЫХ И ДАННЫХ ЗЕМЕЛЬНО-
ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
ДЛЯ ПОДГОТОВКИ НАЦИОНАЛЬНОЙ ОТЧЕТНОСТИ
В РАМКАХ КОНВЕНЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ
ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ ПО БОРЬБЕ С ОПУСТЫНИВАНИЕМ
В ТЕХ СТРАНАХ, КОТОРЫЕ ИСПЫТЫВАЮТ СЕРЬЕЗНУЮ ЗАСУХУ
И/ИЛИ ОПУСТЫНИВАНИЕ,
ОСОБЕННО В АФРИКЕ**

Научно-технический отчет