

изготовлении планово-картографических материалов лесоустройства используются данные земельно-информационной системы административных районов.

В настоящее время идет активная работа по информационному взаимодействию земельного и кадастров природных ресурсов, поэтому на наш взгляд, основной информационный ресурс ЗИС Республики Беларусь, может стать объединяющей платформой для всех кадастров природных ресурсов, о чём свидетельствует перспектива развития ЗИС, на базе которой происходит создание подсистемы «ЛЕСФОНД», планируется создание подсистемы мониторинга земельного фонда с помощью данных дистанционного зондирования Земли; подсистемы автоматизации реестра водных ресурсов, подсистемы по установлению водоохраных зон и прибрежных полос, а также подсистемы границ особо охраняемых природных территорий [5].

Библиографические ссылки

1. Помелов А. О, Грищенко В., Коробкин А. нормализации границ административно-территориальных единиц Республики Беларусь // Земля Беларуси. 2014. № 2. С. 18–22.
2. О развитии системы особо охраняемых природных территорий: пост. Совета Министров Респ. Беларусь, 02 июля 2014 г. № 649 // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь, 11.07.2014. 5/39101.
3. Об особо охраняемых природных территориях: Закон Респ. Беларусь, 20 октября 1994 г. № 3335-ХП (с изменениями и дополнениями по состоянию на 09.01.2018 г.) // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. 2001. 2/451.
4. Материалы по установлению границ Минской области и районов Минской области (землеустроительное дело). Минск: УП «Проектный институт Белгипрозем», 2016.
5. Литреев А.В. О результатах работы в области использования и охраны земель, геодезической и картографической деятельности в 2017 году и задачах на 2018 год // Земля Беларуси. 2018. №1. С.7–11.

ИССЛЕДОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЗЕМЕЛЬ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НАРОЧАНСКИЙ»

А. С. Скачкова

Белорусский государственный университет, Минск

Моделирование динамики земель, в особенности пространственного аспекта этой динамики, можно рассматривать как важный инструмент территориального планирования и управления. Существующие программные решения для моделирования помогают не только проследить сами изменения, но, вовлекая в работу знания и опыт пользователя, про-

анализировать их причины и последствия, что в итоге способствует принятию более обоснованных решений. Базисом подобных исследований являются временные ряды данных, чаще всего – карты земельных покрытий (Land Use / Land Cover), созданные на основе данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Они обладают сопоставимостью на протяжении всего периода наблюдений, высоким пространственным разрешением и большим территориальным охватом. Создание таких карт стало возможным после накопления многолетних рядов ДДЗ и разработки методик их автоматизированного дешифрирования. В данной работе выполнен анализ и прогнозирование динамики земель для территории Нарочанского Национального парка на основе серии разновременных растровых карт видов земель. Инструментом для прогнозирования был выбран модуль Land Change Modeler (LCM) программного пакета TerrSet. Данное решение является наиболее доступным с точки зрения пользовательского интерфейса и полноты документации, и рекомендуется даже для пользователей, ранее не знакомых с темой моделирования динамики земель.

Исходными данными для анализа послужили слои групп видов земель, полученные в результате применения оригинальной методики автоматизированного дешифрирования групп видов земель по данным ДЗЗ, состоящей в последовательном выделении групп видов земель на основе комплекса их спектрально-временных характеристик. Методика включает в себя: классификацию с обучением для выделения лесных земель и земель под древесно-кустарниковой растительностью (ДКР); классификацию с обучением и анализ спектральных индексов для выделения земель под болотами и водных объектов; анализа динамики отражательных характеристик земных поверхностей и вегетационных индексов для выделения пахотных и луговых земель; а также маскирование распознанных групп видов земель на каждом этапе и составление итоговой карты из отдельных слоёв, соответствующих группам видов земель.

Структура земель национального парка характеризуется стабильностью; происходят закономерные для территории с ограниченным режимом использования процессы: небольшой прирост земель под застройкой и коммуникациями, некоторое снижение площадей сельскохозяйственных земель, в первую очередь пашни, стабильный прирост земель под лесами и ДКР, однако площади болот колеблются в значительных пределах (табл. 1).

Для моделирования был использован модуль LCM программного пакета TerrSet. LCM – набор инструментов, предназначенных для моделирования трансформации земель. Он получил широкое распространение в научных исследованиях и применялся как для моделирования изменений

в LU/LC в целом, так и обезлесения, роста городов, деградации земель при различных сценариях их использования.

Таблица 1

Площади видов земель, полученные по результатам дешифрирования ДДЗ

| Интервал космосъёмки | Виды земель | | | | | | |
|----------------------|----------------|--------------|----------|----------|------------------|--------------|-----------------------|
| | под застройкой | под дорогами | пахотные | луговые | лесные и под ДКР | под болотами | под водными объектами |
| 1975-1978 | 4264,11 | 1047,15 | 13385,97 | 14694,48 | 42729,03 | 1459,35 | 17031,15 |
| 1995-1998 | 5317,83 | 1340,64 | 9491,67 | 12044,07 | 44916,84 | 2229,12 | 16243,56 |
| 2005-2009 | 5506,65 | 1337,31 | 6543,81 | 13662,72 | 48794,22 | 2655,27 | 16089,39 |
| 2010-2017 | 5609,7 | 1322,64 | 6757,92 | 12738,69 | 50703,84 | 1404,45 | 15939,99 |

Процесс моделирования изменений состоит из нескольких шагов.

1. Сопоставление двух разновременных тематических растровых слоёв, отражающих распространение отдельных видов земель на исследуемой территории. Может быть выполнено количественное сравнение трансформации одних видов земель в другие, а также сгенерированы карты трансформаций. Благодаря этому шагу исследователь имеет возможность выбрать значимые трансформации для дальнейшего моделирования.

2. Моделирование, в ходе которого создаются карты потенциальных трансформаций. Предварительно выполняется настройка модели, заключающаяся в выборе интересующих исследователя трансформаций и выделение их в подмодели, и подбора факторов, влияющих на эту подмодель. Факторами динамики могут быть биофизические или социально-экономические характеристики, представленные в виде растров, например: рельеф и производные от него, расстояния от дорог или от участков уже совершившихся трансформаций. Факторы выбираются экспертным путём, есть возможность установить силу взаимосвязи потенциальной трансформации с выбранными факторами. Результатом моделирования является растровый слой потенциальных трансформаций, который рассчитывается для каждой подмодели на основе выбранной совокупности выбранных факторов. Доступно три метода моделирования: многослойный перцептрон, логистическая регрессия, SimWeight.

3. Для составления карты-прогноза итеративно сравниваются выходные карты потенциальных трансформаций и выбираются наиболее вероятные трансформации. Дополнительно в процесс прогнозирования могут

быть введены планировочные ограничения или изменения. После завершения расчёта возможна оценка точности результатов относительно известного состояния земель.

В процессе анализа были использованы 4 слоя за 1975–1978, 1995–1998, 2005–2009, 2010–2017 гг. Эти интервалы соответствуют характерным этапам динамики земель, выделенным для всей территории Белорусской возвышенной ландшафтной провинции.

«Советский» этап: 1975–1994 гг. (прогноз на 2005 г., валидация по слою 2005–2009 гг.). Национальный парк Нарочанский был образован в 1999 году, и прогноз между этими двумя датами может показать, как изменилась бы структура земель без учёта природоохранного статуса территории, поэтому на этом этапе анализа не учитывался параметр функциональных зон ООПТ. Результат моделирования отражает главные тенденции: прирост земель под лесами и ДКР. В то же время тенденция заболачивания территории, проявившаяся в увеличение площади болот, переоценена почти в два раза. Общая точность прогноза составила 83 %, при этом правильно спрогнозированных изменений – 11 %. Наибольшие ошибки заключаются в переоценке темпов «заболачивания» территории.

Этап земельной реформы: 1997–2009 гг. (прогноз на 2017 г., валидация по слою 2015–2017 гг.). Как и на предыдущем этапе, результат моделирования 1998–2005 гг. более верно отражает изменения в площадях лесов (разница с фактической площадью составила всего 70 га), но значительно ошибается в изменениях земель под болотами. Стоит отметить, что 2015–2017 гг. отличаются от предыдущих рассматриваемых интервалов уменьшением площадей болот. Поэтому спрогнозированная площадь отличается почти в 4 раза, т.к. исходит из тенденции заболачивания территории. Общая точность прогноза 82%, при этом правильно спрогнозированных изменений – 25%.

Современный этап: 2010–2017 гг. (прогноз на 2020, 2025 гг., валидация не производилась). Поскольку прогноз на предыдущих этапах был выполнен для валидации получаемых результатов, последний этап будет рассмотрен подробнее. Данный этап в динамике земель Нарочанского парка отличается от предыдущих в первую очередь снижением доли земель под болотами за счёт луговых, пахотных и лесных земель. Если перевод бывших торфоразработок в луговые и лесные земли можно объяснить рекультивацией и оценить положительно, то перевод их в пахотные земли является негативной тенденцией. Продолжается процесс зарастания отдельных сельхозземель ДКР. При прогнозировании были рассмотрены следующие трансформации земель (подмодели):

1. Распространение застройки на сельскохозяйственные земли. Общая площадь – чуть более 100 га, приурочена к существующим поселениям.

Для моделирования использовались параметры: функциональные зоны и расстояние до существующих населённых пунктов и дорог.

2. Зарастание луговых земель ДКР и лесами. Площадь трансформации – более 2000 га. Параметры: функциональные зоны заповедника в порядке уменьшения строгости ограничений, топографический индекс влажности (TWI), расстояние от лесных массивов и расстояние от дорог и населенных пунктов, а также расстояние от участков уже совершившихся трансформаций из лугов в леса.

3. Заболочивание лесов. Участки этой трансформации приурочены к существующим болотным массивам. Параметры: функциональные зоны заповедника в порядке уменьшения строгости ограничений, ЦМР, TWI, расстояние от лесных массивов, расстояние от активных торфоразработок.

4. Освоение заболоченных земель под пашню. Такая трансформация характерна в первую очередь для внешней охранной зоны заповедника. Параметры: функциональные зоны национального парка, ЦМР, TWI, расстояния от болот, расстояние от действующих торфоразработок, расстояние от бывших торфоразработок, расстояние от участков уже совершившихся трансформаций из болот в пашню.

5. Освоение заболоченных земель под луга. Эта трансформация также распространена во внешней охранной зоне заповедника. Параметры: функциональные зоны национального парка, ЦМР, TWI, расстояния от болот, расстояние от действующих торфоразработок, расстояние от участков уже совершившихся трансформаций из болот в луга.

6. Зарастание болот ДКР и лесами. Общая площадь трансформации более 4000 га. Параметры: функциональные зоны национального парка, ЦМР, TWI, расстояния от болот, расстояние от лесов, расстояние от действующих торфоразработок, расстояние от бывших торфоразработок, расстояние от участков уже совершившихся трансформаций из болот в леса и ДКР.

Для моделирования динамики были выбраны нейронные сети (много-слойный персептрон), т.к. позволяют более гибко работать с подмоделями.

Результат прогноза (рис.1, табл. 2) показал незначительный прирост земель под застройкой, небольшую убыль сельскохозяйственных земель, в первую очередь луговых, за счёт лесных сукцессий по кромке лесов, и убыль болот за счёт сельскохозяйственного освоения. Исходя из предыдущих версий прогнозов, есть основания предполагать переоценку динамики болот. Ранее выполненные исследования также отмечали сложную динамику земель под болотами, с чем связана главная сложность её прогнозирования.

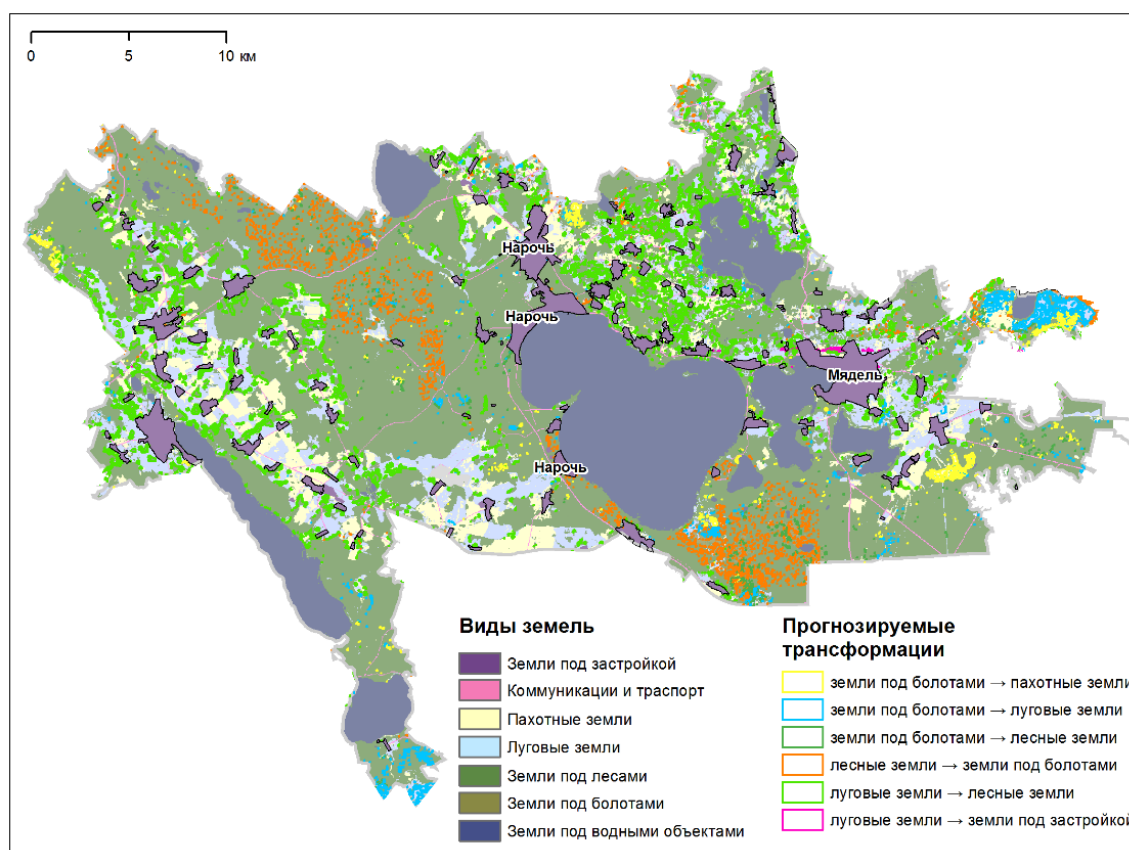


Рис. 1 – Результат моделирования изменений за 2005 - 2017 гг. – виды земель в 2020 г.

Таблица 2

Площади видов земель, полученные в результате прогноза

| Год прогноза | под застройкой | под дорогами | пахотные | луговые | лесные и под ДКР | под болотами | под водными объектами |
|--------------|----------------|--------------|----------|----------|------------------|--------------|-----------------------|
| 2020 | 5625 | 1322,64 | 7263,99 | 10860,48 | 52833,87 | 631,26 | 15939,9 |
| 2025 | 5641,29 | 1322,64 | 7252,56 | 9874,62 | 53891,1 | 555,03 | 15939,9 |

В заключение необходимо отметить, что, несмотря на глубокую программную разработку процесса моделирования динамики земель, как сам процесс моделирования, так и оценка, интерпретация результатов, требуют вмешательства исследователя. Тем не менее, приведенный прогноз позволяет лучше разобраться в происходящих на территории процессах, выделять потенциально стабильные и динамичные участки. Так, для исследуемой территории наиболее важными тенденциями являются сокращение сельскохозяйственных земель путем лесных сукцессий. В условиях ограничения хозяйственной деятельности это направление динамики прослеживается на всех этапах и спрогнозировано его продолжение

в будущем. Негативной тенденцией следует назвать динамичность площадей земель под болотами. Особенно на последнем этапе, когда результаты дешифрирования свидетельствуют об освоении отдельных участков бывших торфоразработок под сельскохозяйственные цели. Несмотря на то, что большая часть этих изменений имеет место и спрогнозирована за пределами Национального парка (внешняя охранная зона), они могут иметь негативные последствия для гидрологического режима в его границах.

Библиографические ссылки

1. Ronald Eastman J. Terrset Manual // Clark University, 2016.
2. Jean-François Mas. Inductive pattern-based land use/cover change models: A comparison of four software packages / Jean-François Mas, Melanie Kolb, Martin Paegelow, Maria Teresa Camacho Olmedo, Thomas Houet. // Environmental Modelling and Software. – Elsevier, 2014. – pp. 94-111.
3. Peter H. Verburg. Land use change modelling: current practice and research priorities / Peter H. Verburg, Paul P. Schot, Martin J. Dijst & A. Veldkamp // GeoJournal 61: 309-324, 2004.
4. Prishchepov A.V. Determinants of agricultural land abandonment in post-Soviet European Russia / A. V. Prishchepov, D. Müller, M. Dubinin, M. Baumann, V. C. Radeloff // Land Use Policy. Elsevier, 2013. Vol.30, 2013. P. 873–884.
5. Установить тенденции и территориальные особенности трансформации земельного фонда в условиях реформирования аграрных отношений в Беларуси и на их основе предложить экологобезопасные направления землепользования: Отчёт о НИР (заключ.) / БГУ; рук. Яцухно В.М. Минск, 2000. 95 с.

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНОГО И ДЕМОГРАФИЧЕСКОГО ФАКТОРА НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ОСВОЕНИЕ ТЕРРИТОРИИ ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ

Т.В. Сливинская

Белорусский государственный университет, Минск

К факторам, которые оказывают влияние на сельскохозяйственное освоение территории, относятся природный и социально-экономический. Природный фактор оказывает значительное влияние на размещение и специализацию растениеводства. Он включает в себя следующие характеристики: качество почв, продолжительность безморозного периода, сумма активных температур, суммарная солнечная радиация, количество осадков, обеспеченность водными ресурсами и др. На размещение животноводства природные факторы оказывают менее существенное воздействие, проявляясь через кормовую базу. Социально-экономические факторы, обуславливающие территориальную дифференциацию сельского