

# ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММЫ *BIOCLASS* ДЛЯ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ТЕРРИТОРИЙ

*В работе рассматриваются вопросы использования программы BioClass для агроэкологической классификации территорий. Приводятся результаты интерполяции методом Кригинг значений, полученных при помощи GPS и методика классификации территорий. Обработка ГИС карт при моделировании основана на теории нечетких множеств (fuzzy logic). Результаты наблюдений показали, что на исследуемой территории существуют значительные микроклиматические различия. Использование технологии ГИС и пространственной интерполяции позволяет распространить информацию на всю площадь наблюдений и найти взаимодействие между факторами среды и параметрами территории (высота, склон, формы рельефа и др.). Интегрирование моделей развития растений и вредителей в ГИС позволяет получить более полную информацию для принятия решений в сельском хозяйстве.*

*The objective of this article is to estimate efficiency of using BioClass computer program for agro-ecological classification. There are shown the results of Kriging interpolation and technique of classification of territories. The processing of GIS maps at modeling is based on the theory of fuzzy sets. Simulation models, GIS and Kriging interpolation techniques were integrated in computer system. The use of models allows to know the current situation, how it can evolve and to find the interactions between the canopy microclimate and the territory parameters (altitude, slope, etc.). The integration between models and GIS allows to produce a complete information for decision making.*

## ВВЕДЕНИЕ

Территория Республики Молдова сильно изрезана долинами, балками, оврагами. Частые чередования различных по ориентировке указанных форм рельефа нарушают присущую равнинам горизонтальность в распределении абиотических факторов среды обитания и являются предпосылкой наличия и преобладания склоновых земель и большой пространственной неоднородности строения поверхности. Идеальным являлся бы вариант, когда система хозяйствования на земле максимально учитывала бы особенности и разнообразие природных абиотических факторов среды обитания каждого

поля. Этого можно достичь только при помощи проведения специального агроэкологического (землеустроительного) микрорайонирования определенной территории пахотных земель (2, 4, 5).

Правильно составленный и экономически обоснованный проект землеустройства должен обеспечивать получение максимального количества валовой и товарной продукции, прибыли, способствовать снижению (минимизации) издержек производства, обеспечивать высокую производительность труда, низкую себестоимость продукции, а также создавать условия для постоянного повышения плодородия почв. В связи с этим возникает задача поиска такого

решения, которое было бы наилучшим (компромиссным) по выполнению всех критериев оптимальности (1, 3).

Исследования показали, что при решении таких задач необходимы:

- обоснование набора (перечня) Критериев, подлежащих рассмотрению в данной модели;
- оценка относительной предпочтительности критериев или построение некоторой шкалы предпочтительности;
- определение условий возможного компромисса и обоснование метода нахождения компромиссного варианта решения (выбор схемы расчета обобщенного критерия).

Условия существования организмов или сообществ можно представить как совокупность отдельных элементов среды, воздействующих на них. На каждый организм (популяцию) действует одновременно множество экологических факторов. Использование Географических Информационных Систем (ГИС) позволяет строить пространственные модели динамики развития растений и вредных организмов для обеспечения пользователей необходимой информацией (4, 5). Показана перспективность использования теории нечетких множеств (fuzzy logic) при агроэкологической классификации. Применение данной методологии для описания системы “растение – окружающая среда” подразумевает решение задачи на основе неполной информации и идентификации нелинейных систем большой размерности.

Цель наших исследований: Разработка и проверка в производственных условиях компьютерной программы для анализа и обработки информации и агроэкологической классификации территорий на основе ГИС технологии и логики нечетких множеств.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для агроэкологической классификации территорий нами разработана компьютерная программа – GIS классификационная система BioClass, основанная на теории нечетких множеств (fuzzy logic). Концепция системы BioClass исходит из современных достижений факториальной экологии и выявления функции отклика организмов на совокупное действие экологических факторов. Система BioClass имеет возможность обработки информации из разных источников, а также строит обобщенные 2D и 3D цифровые карты для поддержки принятия решений. В исследованиях применялся метод сопряженных наблюдений за вредными организмами и погодными условиями и метод интерполяции Кригинг. Сбор микроклиматической информации на опытных участках проводили как традиционным способом, при помощи классических метеорологических приборов, так и при помощи сети автоматических

метеостанций “Агроэксперт”. Географические координаты определяли на основе полученных данных из Глобальной Системы Позиционирования “GPS Garmin”.

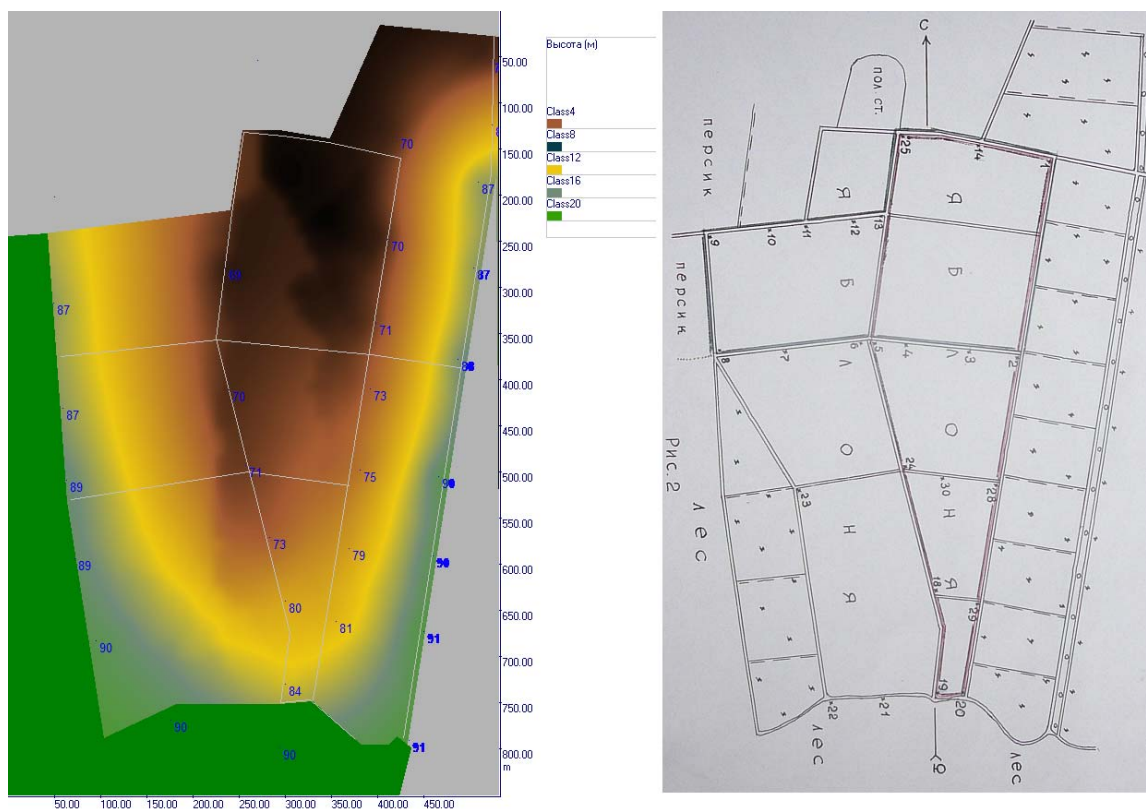
#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В прошедшие годы были проведены исследования по инвентаризации полей полевых севооборотов в 22 хозяйствах Центральной и Южной зон Республики. В названных хозяйствах были проанализированы по экологическим составляющим 593 поля и отдельных участка, суммарной площадью 59100 га. На этих полях в процессе картографических работ путем соответствующей накладки четырех основных карт и картограмм, содержащих информацию об основных абиотических факторах окружающей среды, а именно: уклонах местности, ориентации склонов относительно сторон света (экспозиция), абсолютная высота над уровнем моря и, естественно, почвенный покров с его механическим составом и смыстостью, было выделено 4778 природно-территориальных единств средней площадью 12,5 га. При этом вариабельность площадей имела разброс от 2 до 171 га. В существующей литературе такие единства называются по-разному: природно-территориальными комплексами низшего таксономического ранга, природно-территориальными единицами, эконишами, биотопами.

Биотопы сформировались и обособились друг от друга в процессе длительной и сложной эволюции при развитии земной поверхности под воздействием экологических и геосторических факторов. Они, являясь едиными по своим природным характеристикам внутри себя, резко различаются по некоторым компонентам между собой, в результате чего в каждом из них формируется тот своеобразный микроклимат, в котором и создаются устойчивые биоценозы – комплексы растительных и животных организмов их населяющих. Результаты наблюдений показали, что на исследуемой территории существуют значительные микроклиматические различия. Так, например, в зимний период различия в значениях минимальной температуры воздуха, в отдельные дни, достигали 8°C, при этом на южном склоне в саду температура равнялась –1°C, в то время как в саду, который размещен в долине и на северном склоне она составила –8,5°C. В период вегетации разница температур по формам рельефа составляла от 2-х до 6°C. При дальнейших исследованиях, исходя из многолетней урожайности кукурузы в каждом поле севооборота и, проведя соответствующие расчеты, установили, что различия, например, урожайности кукурузы на биотопах с различными характеристиками абиотических факторов, но в общем поле севооборота, весьма существенны. Оказалось, что в одном поле полевого севооборота встречаются биотопы с продуктивностью и в 18 ц/га и 49,5 ц/га.

Графическое изображение продуктивности биотопов на картосхемах представляет собой

сильную мозаичность в пределах почти каждого поля севооборота.



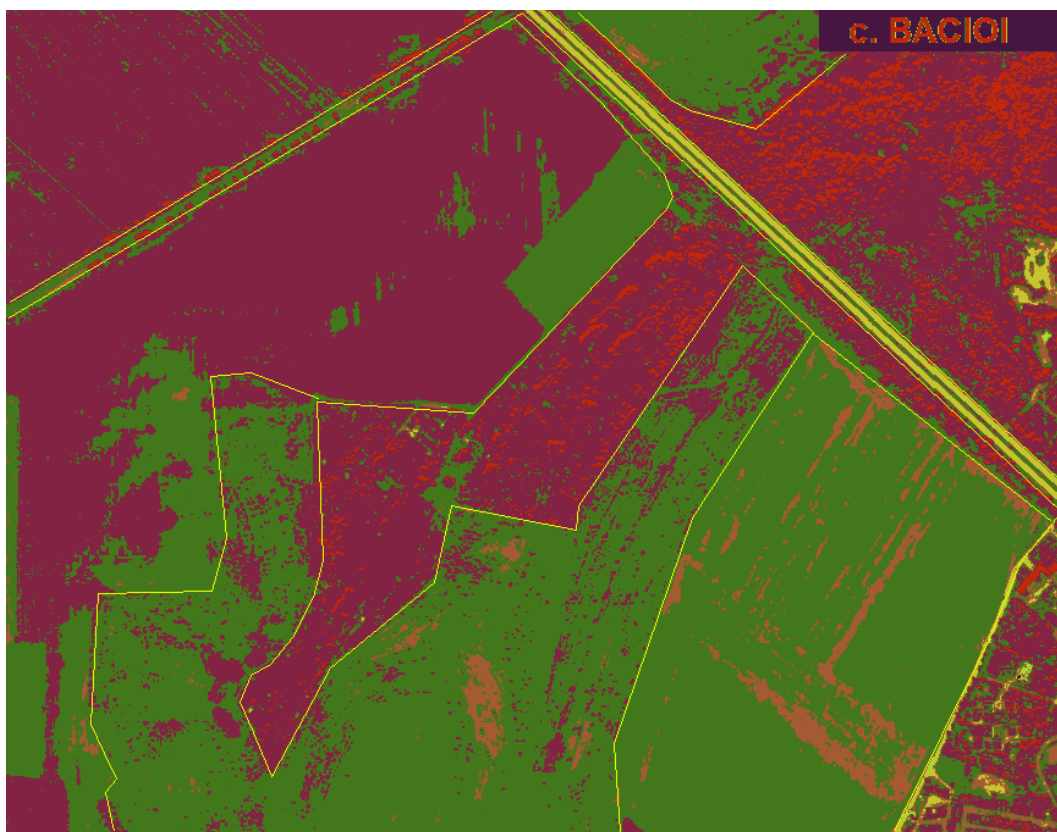
**Рис. 1.** Результаты интерполяции данных GPS методом Кригинг в программе BioClass (слева) и схема размещения культур (справа). Значения высот получены при помощи GPS Garmin Summit с альтиметром.

Мы использовали программу BioClass для сегментации и классификации космических снимков при создании информационных слоев (рис. 2, 3) и агроэкологической классификации. Такие

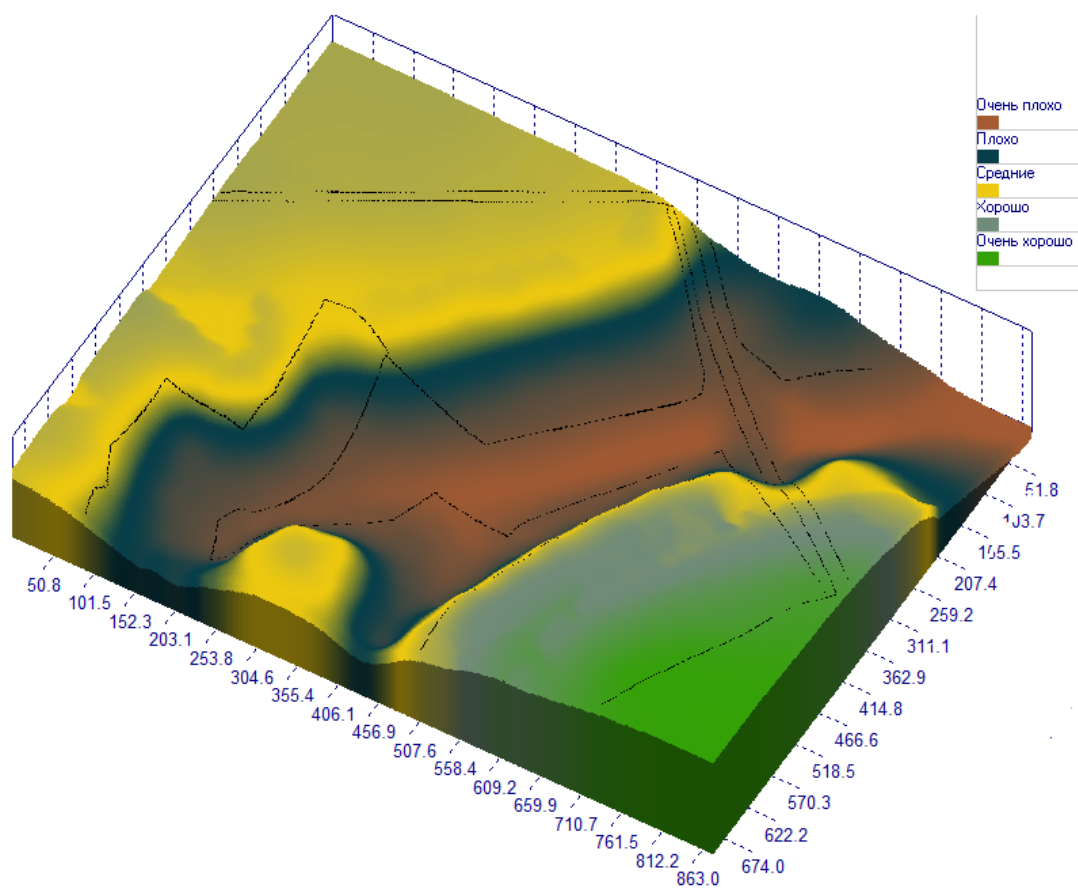
информационные слои как, высота, содержание гумуса, содержание элементов питания, могут быть построены на основе точечных измерений и Кригинг интерполяции (рис. 4).



**Рис. 2.** Исходный космический снимок, использованный для моделирования в программе BioClass.



**Рис. 3.** Пример результатов сегментации снимка (рис. 2) в RGB фильтре при 766 nm в программе BioClass.



**Рис. 4.** Результаты интерполяции высот (участок на рис. 2) методом Кригинг в программе BioClas, модуль 3D. Значения высот получены при помощи GPS Garmin Summit с альтиметром.

Модели, использованные при агроэкологической классификации территорий основываются либо на принципе лимитирующих факторов, либо на законе совокупного действия факторов. Цель построения таких моделей – детальное прогнозирование поведения сложных экологических систем или решение задачи оптимизации (7). Решение оптимизационной задачи в программе BioClass включает следующие этапы:

1. Идентификация целей и проблем;
2. Определение факторов (критериев);
3. Построение цифровых карт для каждого фактора;
4. Стандартизация (построение цифровых карт на основе функции принадлежности для каждого фактора);
5. Придание весовых коэффициентов;
6. Построение обобщенной карты;
7. Применение правил для принятия решений;
8. Рекомендации для принятия решений.

В результате микрорайонирования были выделены экологически устойчивые однородные участки земель (биотопы). Из них будут сконструированы соответствующие агроэкосистемы – участки земель с близкими характеристиками природных факторов в пределах общих полей или массива пахотных земель. Стабильность и продуктивность создаваемых новых агроэкосистем будет тем выше, а продукция тем чище, чем точнее и тщательнее будут учитываться природные условия каждого поля, или массива пахотных земель, т.е. их природный потенциал, выражающийся в определенном микроклимате.

ГИС технология была использована также для идентификации микрозон с разным риском

развития вредных организмов. Полученная информация использована при разработке и уточнении моделей и методов прогноза развития болезней и вредителей. Для идентификации границ распространения вредителей наложены информационные слои, характеризующие климат, вегетацию, рельеф и др.

#### ВЫВОДЫ

До настоящего времени первичной территориальной единицей при организации использования пахотных земель являлось поле севооборота, нарезанное с целью создания максимальных условий для высокопроизводительного и эффективного использования машинно-тракторных агрегатов, но, при этом, очень слабо учитывались факторы природной среды. С переходом же на путь экологического земледелия такой единицей должен стать экологически устойчивый однородный участок (биотоп), являющийся рабочим участком поля севооборота, клеток и кварталов многолетних насаждений, что позволит максимально использовать природный потенциал каждого участка земли для получения стабильно высоких и выровненных урожаев, при сохранении и улучшении окружающей среды. Использование технологии ГИС и пространственной интерполяции в программе BioClass позволяет распространить информацию на всю площадь наблюдений и найти взаимодействие между факторами среды и параметрами территории (высота, наклон, формы рельефа и др.). Интегрирование моделей развития растений в ГИС позволяет получить более полную информацию для принятия решений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Волков С.Н. Экономико-математические методы и модели в землеустройстве. – М.: Колос, 2007. – 696 с.
2. Можин В.П. Проблемы оптимизации перспективного развития сельского хозяйства / П. Можин. – Новосибирск: Наука, 1972.
3. Новожилов В.В. Проблемы измерения затрат и результатов при оптимальном планировании / В.В. Новожилов. – М.: Наука, 1972. – 434 с.
4. Онищенко А.М. Критерии оптимизации сельскохозяйственного производства и методы нахождения наиболее эффективных планов по нескольким критериям / А.М. Онищенко. – Киев, 1970.
5. Основы ГИС: теория и практика / А.И. Мартыненко., Ю.Л. Бугаевский., С.Н. Шибалов и др.; под ред. А.И. Мартыненко. – М., 1995. – 232 с.
6. Полуниин И.Ф. Математическое программирование в землеустройстве. – Минск: Высшэйшая школа, 1972. – 240 с.
7. Todira V. Agricultura de precizie. Chiinău, 2003. – 185 P.