

## ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В МЕЛИОРАЦИИ

М.С.Григоров, Н.В.Курапина

Волгоградская государственная сельскохозяйственная академия  
Волгоград, Россия

### Rezumat

*Pe baza cercetărilor ce s-au efectuat în regiunea Volgăi inferioare, se demonstrează apariția unor efecte ecologice negative, cu înrăutățirea calității solurilor și scăderea fertilității lor, ca urmare a practicării agriculturii. Se demonstrează că doar studiile ecologice complexe pot permite fundamentarea unor tehnologii agrare care să protejeze calitatea solului. Asemenea studii se pot realiza doar cu ajutorul S.I.G. și autorul pledează pentru recurgerea la asemenea studii.*

Важнейшими проблемами XXI века являются проблемы сбалансированного функционирования биосферы, сохранения природного разнообразия и чистоты окружающей среды. Поскольку сельское хозяйство имеет непосредственную связь с биосферой, как активная ее часть, оно в первую очередь нуждается в разработке программ эффективного производства на долгосрочную перспективу и моделей устойчивого развития. Для этого необходима объективная оценка состояния и определение тренда дальнейшей трансформации основного ресурса сельского хозяйства – земли.

В экономике переходного периода в России при частой смене форм собственности, характера управления и землепользователей, в погоне за сверхвысокими урожаями и прибылями часто не соблюдаются технологии возделывания сельскохозяйственных культур, применяются чрезмерно высокие дозы удобрений, необоснованно завышенные поливные нормы и т.д. Агроценозы испытывают повышенные антропогенные нагрузки. При этом научно рекомендованные технологии выращивания сельскохозяйственных культур и режимы орошения, подкрепленные многолетними опытными данными и исследованиями, а также математическими расчетами, не применяются. Продолжается разрушение сети регулярных наблюдений за уровнем грунтовых вод, засолением почв и другими процессами, которые являются показателями экологической обстановки агроценоза.

В этих условиях в целях регулирования нагрузки на агроландшафты и обеспечения их стабильного функционирования географические информационные системы могут послужить основой для создания систем контроля и слежения за землепользованием, кадастровой оценки земель, мониторинга окружающей среды, упорядочения применяемых систем земледелия, в мелиорации земель, для перспективного прогнозирования, а также в научных и образовательных целях.

По определению, географическая информационная система (ГИС) – это компьютеризированная система записи данных, хранения, обработки, поиска и анализа необходимой информации, которая имеет соответствующие технические средства и программное обеспечение, ориентированное на решение задач соотношения географически привязанных пространственных данных и содержательной информации.

Началом развития информационных систем стала активизация работ в мире в области мониторинга почвенного плодородия, а также необходи-

<sup>1</sup> Волгоградская государственная сельскохозяйственная академия, Волгоград, Россия

мость широкого обобщения накопленных данных и совершенствования классификаций почв. Для таких целей требовалась обширная информация, исходные данные, широко стали применяться методы многомерной статистики и кластерного анализа. Они требовали существенно более обширных выборок для проверки гипотез в сравнении с одномерными статистическими моделями [6].

По представлениям ряда профессионалов в информатике ГИС можно рассматривать в качестве продолжения развития картографических баз данных. Это тоже информационные системы, в которых имеются картографическая и традиционная атрибутивная (текстовая, числовая) база данных. Такие возможности дают современные компьютеры и программные средства. Однако в настоящее время они все еще дороги и сложны для пользователя-непрофессионала.

Поневковая система ГИС в Интернете с функциями визуализации таблиц и показателей, подсчета площадей, генерации новых карт по данным из баз данных является очень важной для исследователей в области мелиорации, которые в дальнейшем дают практические рекомендации производству. Для разработки мелиоративных мероприятий имеют практическое значение карты структур почвенного покрова, гранулометрического состава, генетических горизонтов, рельефа, а также и границы субъектов Федерации и административных районов, инфраструктура и демографические данные. Тем более что ГИС позволяет иметь материалы в масштабах района, хозяйства, бригады, поля, почвенного разреза, их аналитическое описание, а также системы оценки пригодности земель под угодья для сельскохозяйственных культур.

Волгоградская область, являясь южным регионом России, находится в агро-климатической зоне с резко засушливым континентальным климатом (количество осадков в среднем 400 мм в год, сумма активных температур 3200 С° и выше, ГТК=0,6). Для получения стабильных и качественных урожаев сельскохозяйственных культур здесь необходимо устойчивое орошение. Поэтому в регионе применяются, в основном, оросительные мелиорации. Уровень развития мелиорации в Волгоградской области остается достаточно высоким. До 1991-го года поливные площади неуклонно росли и достигли 353,1 тыс. га. В настоящее время общая площадь орошаемых земель несколько снизилась и составляет 321,3 тыс. га, в том числе регулярного орошения 259,6 тыс. га. Объемы подачи оросительной воды достигают 11 млн. м<sup>3</sup> в год.

Однако орошение и интенсивные технологии возделывания сельскохозяйственных культур оказывают наиболее заметное антропогенное воздействие на земельные ресурсы. Систематизация опытных данных позволила установить, что в результате орошения сельскохозяйственных культур могут наблюдаться два основных процесса: резкое ухудшение почв, переходящее в деградацию или изменение первоначальных свойств почвы

на некоторые новые ее свойства. Основными причинами этого являются: несовершенство режимов орошения и техники полива, недооценка качества поливной воды, копирование богарного земледелия.

Географическая информационная система, как источник, несущий информацию о состоянии почв исследуемой территории, без проведения сложных полевых (контактных) исследований помогает разобраться в том, какой из двух процессов присутствует на участке, и в каком направлении протекают изменения почвенных характеристик.

В дальнейшем почвенно-экологический мониторинг ключевых участков с использованием современных геоинформационных технологий заменит сплошное геоэкологическое обследование территории детальным изучением участков с наиболее напряженной экологической обстановкой, а остальные территории можно изучать и оценивать с использованием выборочных полевых обследований и привлечением методик аналогового компьютерного моделирования при проведении камеральных работ.

На территории Волгоградской области (юго-западная полупустынная зона) имеется опыт создания электронной базы ГИС экологического мониторинга участка. Учеными Почвенного института им. В.В.Докучаева разработана структура базы данных, ее частичного наполнения электронными картами – почвенной, деградационных почвенных процессов и других с привязкой к топографической основе территории. Наземным обоснованием для обработки используемых аэро- и космических фотосхем служили полевые исследования, проведенные институтом «Союзгипроводхоз» и Почвенным институтом им. В.В.Докучаева в 1988, 1991 и 1999 годах [1].

Имеющиеся спектрзональные космические снимки участка 1991-го года дали наиболее реальное воспроизведение всех природных объектов. В красном спектре космоснимки хорошо отражали водную поверхность, каналы, подтопление земель и другое. На снимках, полученных в ближней инфракрасной зоне, хорошо различается растительный покров, геоморфологические структуры, земли различного использования – орошаемые и неорошаемые. Кроме того, в июне 1991 года институтом «Союзгипроводхоз» была проведена съемка и получены черно-белые панхроматические аэроснимки на территории Светлоярской оросительной системы в масштабе 1:25000. Они позволяют разграничить земли, подверженные исходному и вторичному засолению, различить посевы с различными видами культур. Таким образом, реализация разработок геоинформационного центра Почвенного института им. В.В.Докучаева позволила создать геоинформационную систему инструментального класса, применимую для решения задач мелиорации, рекультивации земель и экологического мониторинга.

Созданная ГИС позволяет проводить сбор и обновление данных постоянно и обеспечивает возможность анализа современного состояния и текущих изменений, происходящих в исследуемом районе. В базе данных предусматривается и объем наземной, контактной информации, осуществ-

ляющей обоснование дешифрирования аэрокосмических снимков. Практически по всем блокам базы данных произведено их наполнение информацией в картографическом виде. Это карты основных ландшафтов, гидрографии, населенных пунктов, дорог, сельскохозяйственного использования земель, почвенного покрова, уровня залегания грунтовых вод, полевая почвенно-солевая съемка, основные негативные природно-антропогенные процессы – засоление, солонцеватость, дефляция, эрозия, техногенез.

Сельскохозяйственное использование земель – одна из ключевых карт. Она отражает структуру сельскохозяйственных земель. Помимо Светлоярской оросительной системы государственного уровня, которая строилась по государственному проекту, на карте показано множество участков инициативного орошения, которые вводились самовольно или с разрешения местных властей, и на которых не проводилось никакого контроля. Сравнение разновременной информации дало возможность установить как изменилась ситуация за последние 50-60 лет на участке: появился огромный массив распаханых и орошаемых земель, что привело к подъему уровня грунтовых вод до критического уровня и появлению вторично засоленных почв на ранее автоморфных участках.

Прогноз изменений состояния почвенного покрова имеет особую важность для Волгоградской области в связи с необходимостью применения здесь устойчивого орошения. Для мелиораторов такой прогноз важен также и при выборе способа полива. Безусловно, современные способы полива с малыми поливными нормами – капельное и внутрипочвенное орошение имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными (дождеванием и поливом по бороздам), однако они до сих пор остаются слишком дорогими и внедряются в производство очень медленно. В этих условиях ГИС помогла бы разграничить участки, где полив высокими оросительными нормами и создание промывного водного режима категорически неприемлемы, а где – допустимы.

В результате проведения долгосрочных полевых опытов на орошаемых землях Волгоградской области собраны данные о влиянии орошения на эколого-мелиоративное состояние агроландшафтов. Так, в результате многолетнего мониторинга почв ВНИИОЗ в хозяйствах Волгоградской области выявлено, что под влиянием орошения в почве снижается содержание водопрочных агрегатов в среднем на 15...20 %, общая скважность становится менее 50 %, объемная масса возрастает до 1,40...1,45 т/м<sup>3</sup>. Этим явлениям в значительной мере способствовало нарушение регламента поливов сельскохозяйственных культур, прежде всего неоправданное завышение оросительных норм [4].

Орошение нередко приводит к трансформации почв, которая хорошо диагностируется по изменению их микростроения. Например, большинство исследователей наблюдали в орошаемых черноземах дезагрегирование. Убыли карбонатов при орошении почв волжской водой не отмечается из-за

ее гидрокарбонатно-кальциевого состава. Ежегодно при величине поливной нормы  $2000 \text{ м}^3/\text{га}$  в почву поступает с водой в среднем  $0,12 \text{ т/га Ca}$  и  $0,26 \text{ т/га HCO}_3$ .

В черноземах, темно-каштановых и луговато-каштановых почвах при поливах пресной гидрокарбонатно-кальциевой водой по сравнению с неорошаемыми почвами микроморфологически диагностируется интенсификация деструктуризации, дегумификации, миграции, диспергирования и преобразования гумуса и глинистых минералов [5].

Исследования, проведенные в степных зонах Поволжья [3], показали, что в результате многолетнего (более 20 лет) орошения кормовых культур (злаковых и зернобобовых) увеличилось в 3 раза содержание азота в верхних слоях и вымывание его произошло ниже пахотного горизонта; обнаружена тенденция увеличения фосфора в связи с переходом его из органической формы при минерализации корней и растительных остатков. Несмотря на высокую обеспеченность почв калием, переход его в подвижное состояние происходит медленно.

Расчеты солевого баланса почвогрунтов и гипотетических солей в слое  $0...180 \text{ см}$  показали, что за 20 лет орошения на  $1 \text{ га}$  расчетного слоя поступило  $4,51 \text{ т}$  солей средней поливной норме  $500-700 \text{ м}^3/\text{га}$ . Запасы солей в расчетном слое составляли  $23,18 \text{ т/га}$ , что не превышает ПДК. Однако из общего количества солей  $40,6 \%$  приходится на наиболее токсичные соли  $\text{NaCl}$  и  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .

Анализ распределения солей ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ) по почвенному профилю указывает на тенденцию к накоплению их в верхних горизонтах почвы (до  $60 \text{ см}$ ) и ниже  $1 \text{ м}$ . В этих условиях наблюдалось изменение реакции почвенного раствора в сторону щелочной (рН от  $6,7$  до  $8,4$ ). В целом наметилась тенденция к возникновению хлоридно-сульфатного типа засоления.

Размещение орошаемых земель без учета геоморфологических и ландшафтных особенностей, в местах с крутизной уклонов, превышающих  $0,018$ , обусловило развитие ирригационной эрозии, приведшей к деградации почвенного покрова. А на почвах легкого механического состава, обладающих слабой противоэрозионной устойчивостью, за один сезон с твердым стоком выносилось азота  $12,7...13,4$ , фосфора –  $4,4...15,8$ , калия –  $17...54$ , гумуса –  $48...60 \text{ кг/га}$  [4].

В настоящее время продолжает наблюдаться ухудшение ирригационных качеств оросительных вод в различных водоисточниках Волгоградской области. Так, в Варваровском и Береславском водохранилищах и прилегающих к ним территориях за 25 лет орошения минерализация воды повысилась с  $0,7 \text{ г/л}$  до  $0,9...1,0 \text{ г/л}$ . Соотношение ионного состава в ней изменялось в пользу катиона натрия, что вызывает осолонцевание и ощелачивание почв.

Вовлечение в орошение почв солонцовых комплексов без предварительной или текущей их мелиорации обусловило специфику вертикального и горизонтального передвижения водно-солевых масс и привело к вторичной дифференциации почвенного покрова с образованием солончаковых и солончаковатых зональных почв и солонцов-солончаков.

Важную роль в изменении структурной части почв оказывает продолжительность орошения. Установлено, что наиболее интенсивное влияние орошения наблюдается в первые пять лет. При сбалансированных воздействиях (севообороты с многолетними травами, внесение удобрений, минимальная обработка почвы и т.д.) оно значительно уменьшается к 10-ти годам орошения, а к 15-ти – возможно достижение прежнего уровня. В противном случае после 15-ти лет орошения наблюдаются необратимые процессы (переуплотнение почв и т.д.).

В современных условиях все виды землепользования должны приобрести «экологический» характер. Это означает, что лимитирующим фактором любых воздействий должно быть экологическое состояние агросистемы, которое наилучшим образом контролируется на основе географической информационной системы.

Получение экологически безопасной растениеводческой продукции основывается на соответствии биологических требований культурных растений природным факторам. В отличие от традиционных подходов, когда структура пашни соответствовала плановым заданиям по производству той или иной продукции, в экологическом земледелии структура посевных площадей определяется составом культур, адаптированных к особенностям конкретного поля, четким плодосменом, видовым и сортовым разнообразием их.

Анализ водных балансов экосистем с различной степенью антропогенного влияния показал, что в отличие от природных сбалансированных самоорганизующихся экосистем, агросистемы на современном уровне управления, как правило, не сбалансированы с учетом их динамики, т.к. на это положение не обращали внимание. Это является одной из главных причин ухудшения почв при мелиорациях. Каждая агросистема имеет свой внутренний уровень сбалансированности, который не постоянен и зависит от биологических особенностей растений, метеоусловий, количества внесенного удобрения и орошения. У большинства растений (овощные, некоторые зерновые) уровень сбалансированности агросистемы не соответствует максимуму урожая, тогда как, например, у трав они близки. Это объясняется противоречием «экологической ниши», необходимой растению и предоставляемой ему почвой. Оно может быть значительно уменьшено за счет высокотехнического гибкого управления орошаемой агросистемой на основе географической информационной системы территории.

В результате ряда исследований [7] предложена классификация управляющих воздействий на агросистему (через почву), дающая пред-

ставление об их результативности, ответных реакциях почвы, характере изменений их состояний. Это позволит выбирать для целенаправленного управления правильные и экономичные воздействия, не нарушающие баланса в окружающей среде.

Основы управления орошаемыми агросистемами базируются на механизме изменений структуры почв и классификации воздействий, что невозможно без постоянного мониторинга. Суть таких мероприятий в том, что посредством оптимальных воздействий изменяется водный режим, регулируя тем самым необходимые почвенные процессы или обеспечивая растения водой. Основу экологической сбалансированности агросистемы составляют адаптивные режимы орошения сельскохозяйственных культур (АРОСК). Их принципиальные отличия от обычных режимов орошения в совместном качественном и количественном регулировании необходимых процессов: в высокой степени динамизма управления, позволяющем в течение вегетации изменять тактику воздействий на агросистему при изменении целей орошения, непредсказуемых колебаниях ее состояния и т.д. Однако обоснование любых управляющих воздействий необходимо проводить с помощью географической информационной системы.

Основным каркасом АРОСК является также экология агросистемы, выступающая в виде различного рода ограничений. Такое управление орошением сельскохозяйственных культур, основанное на экологической сбалансированности агросистемы по многим показателям, контролируемое с помощью географических информационных систем, позволит устранить большинство противоречий, возникших в традиционных мелиорациях.

Усиление антропогенного воздействия на земли и необходимость развития рыночных отношений в сельском хозяйстве подразумевает также определение ценности тех или иных земельных участков (кадастровых выделов), достаточно точное знание качественного (с точки зрения свойств почв, экологии) состояния земель, которое позволит выявить возможность эффективного контроля за их использованием и охраной.

Кроме оценок почв (земель) на доходных принципах, ориентировочно определить ценность почв можно на основании биологической продуктивности и гумуса. Такие оценки также более целесообразно проводить с помощью геоинформационной системы, поскольку они определяют ценность почв (земель) в долгосрочном цикле, независимо от текущих социально-экономических изменений в стране, дают возможность оценить ущерб, который может быть нанесен землям в результате их нерационального использования, деградации, загрязнения и других нарушений, обосновывают необходимость осуществления мер по защите почв [2].

Таким образом, дальнейшее развитие мелиорации и орошаемого земледелия при постоянном экологическом контроле и мониторинге окружающей среды должно иметь в своей основе географическую информационную систему территории. Это в полной мере относится и к научным раз-

работкам, в дальнейшем внедряемым в производство, и к уже действующим технологиям, которые, как показывает опыт, нуждаются в корректировках. Географическая информационная система в этом случае поможет выбрать верный путь изменений. Кроме того, при использовании геоинформационной системы упрощается задача перспективного прогнозирования состояния почв, а также кадастровая оценка земель и расчеты различных видов ущербов. Невозможно представить современного специалиста в области землепользования, не владеющего навыками использования географических информационных систем в своей работе. Материально-техническое обеспечение большинства ВУЗов страны позволяет включать в учебные программы курсов мелиорации, геодезии, землеустройства, а также ряда других занятия по работе с базами данных и географическими информационными системами.

#### Литература:

1. Горохова И.Н., Новикова А.Ф. Опыт почвенно-экологического мониторинга с использованием геоинформационных технологий на ключевом участке в Нижнем Поволжье. Почвоведение, 2002. № 6. С. 734-740.
2. Карманов И.И., Булгаков Д.С., Карманова Л.А., Путилин Е.И. Современные аспекты оценки земель и плодородия почв. Почвоведение, 2002. № 7. С. 850-857.
3. Лисконов А.А. Причины деградации и низкой продуктивности мелиоративных агроландшафтов Поволжья. Вестник РАСХН, 2003. № 5. С. 28-29.
4. Морозова А.С. Орошение почв Поволжья: экологические последствия и их причины. /Поволжский экологический вестник. Вып.5. – Волгоград: Издательство ВолГУ, 1998. – 372 с.
5. Приходько В.Е. Микроморфологическая диагностика изменения свойств степных и полупустынных почв при орошении (Нижнее Поволжье). Почвоведение, 2002. № 6. С. 663-674.
6. Савин И.Ю. Инвентаризация почв с использованием ГИС технологий. Почвоведение, 2003. № 10. С. 1189-1196.
7. Черемисинов А.Ю. Управление водными режимами экологически сбалансированной агросистемы на орошаемых черноземах. Автореф. дис. ... д.с.-х.н. Волгоград, 1993, 36 с.
8. Экологическое обоснование величины ущерба, способов защиты земельных ресурсов и сельскохозяйственных культур от антропогенного и техногенного воздействия при производстве экологически безопасной продукции: Методические рекомендации. – Волгоград: Комитет по печати, 1995. – 48 с.