



**Региональный подход к анализу рынков
минеральных удобрений: геоинформационные
системы (ГИС) как инструмент для выработки
рекомендаций по сбалансированному внесению
удобрений**

Alexey NAUMOV

JSC International Potash Company/Moscow State University,
Russia

IFA Moscow 2009
Moscow, Russia, 6-9 October 2009

**Региональный подход к анализу рынков минеральных удобрений:
геоинформационные системы (ГИС) как инструмент для выработки
рекомендаций по сбалансированному внесению удобрений**

Алексей Станиславович Наумов, эксперт, Международная калийная компания; доцент,
географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

Геоинформационные системы (ГИС) широко используются в земельном кадастре многих зарубежных стран и применяются на уровне отдельных хозяйств для обработки почвы, проведения сева и других производственных операций на основе привязки к микрогеографическим особенностям территории (так называемое высокоточное земледелие, – “precision agriculture”). Весьма перспективно, на наш взгляд, использование ГИС-технологий и для решения таких практических задач, как мониторинг баланса питательных веществ в почвах, оценка и прогноз эффективности использования удобрений, определение оптимальных доз, сроков и способов их внесения. Перечисленные задачи особенно актуальны для обширных территорий с неоднородными условиями для земледелия, что характерно для России. В процессе трансформации аграрной экономики от планово-регулируемой к рыночной модели подобные ГИС могут стать важным инструментом принятия решений как для сельскохозяйственных производителей, так и для промышленности минеральных удобрений, поскольку позволяют оценить потенциал региональных рынков для их продукции.

Примером могут служить результаты реализации проекта по использованию ГИС-технологий для определения баланса калия в сельскохозяйственных системах Бразилии в рамках совместной исследовательской программы «Удобрять, Бразилия» (“Fertilize Brazil”) Международного института калия (International Potash Institute, IPI) и Национального центра изучения почв Бразильской корпорации сельскохозяйственных исследований (EMBRAPA Solos).¹

Для Бразилии, страны с огромными земельными ресурсами (общая площадь сельскохозяйственных угодий – 263 млн га, в т.ч. пашни и земель под «нулевой обработкой» – около 60 млн га) характерны большие географические контрасты в уровне использования минеральных удобрений.² В соответствии с данными Сельскохозяйственной переписи 1995/96 г., только в 8 из 26 штатов Бразилии доля земледельцев, «регулярно вносящих под посевы минеральные удобрения», составила более половины от общего числа, в большинстве штатов она была менее ¼, а в 5 штатах – всего на уровне 10-12%.³

¹ Руководители проекта Р.Б. Прадо (EMBRAPA Solos) и А.С. Наумов (R.B. Prado and A.S. Naumov)

² Faostat – the statistical database of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. - <http://faostat.fao.org/default.aspx>.

³ Censo Agropecuario 1995-1996. IBGE - http://www.ibge.com.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/1995_1996/default.shtm

На первых двух стадиях реализации проекта были выполнены работы по картированию баланса калия в почвах на уровне штатов (в 2004 г. – по 27 штатам и территориям) и муниципалитетов (в 2007 г. – по более чем 4 тыс. муниципалитетов в пределах освоенной под земледелие территории страны).

Для картирования наличия калия в почве использовались данные по 3 тыс. почвенных разрезов (профилей), собранные в EMBRAPA Solos. Работа по созданию слоя ГИС, содержащего эти данные, оказалась технически сложной из-за трудоёмкости привязки данных профилей к картам административно-территориального деления, типов почв и ландшафтов Бразилии. Для некоторых почвенных профилей потребовалось вновь провести координатную привязку с выездом на местность и определением координат с помощью приборов подспутникового позиционирования (GPS).

Данные о выносе калия с урожаем сельскохозяйственных культур рассчитывались по штатам (впоследствии – по муниципалитетам) страны на основе сельскохозяйственной статистики о валовом сборе и урожайности 19 основных сельскохозяйственных культур Бразилии (соя, кукуруза, сахарный тростник, кофе, какао, апельсины, фасоль и т.д.), а также выращиваемого на плантациях эвкалипта. За основу принимались усредненные данные о выносе калия с 1 т урожая сельскохозяйственных культур.

Как видно на полученной в результате детальной карте, высокими уровнями выноса калия отличается относительно небольшая часть муниципалитетов, в которых концентрируется товарное земледелие Бразилии, в основном – экспортной направленности. Это ареалы производства сахарного тростника и апельсинов во внутренних частях штата Сан-Паулу, сои и кукурузы в недавно освоенных штатах Центр-Запада (Мату-Гросу, Мату-Гросу-ду-Сул, Гояс) и в староосвоенных штатах Юга (Парана), а также очаги тропического плодоводства на Северо-Востоке (Петролина-Жуазейро на р. Сан-Франсиско, прибрежная полоса).

Для определения обеспеченности почв калием предполагалось использовать данные по 300 почвенным профилям, собранные начиная с 1970-х гг. EMBRAPA Solos. Как выяснилось, эти профили распределены по территории страны карине неравномерно; особенно мало их относится к саваннам-серрадо, занимающим в Бразилии около 200 млн га. Примерно 20 млн га из этой территории были освоены под земледелие в 1980-2000 гг.⁴ По различным оценкам, могут быть вовлечены в земледельческий оборот ещё от 40 до 60 млн га.⁵ В силу физико-географической неоднородности, почвы серрадо характеризуются значительными различиями в уровне обеспеченности калием (от 15 до 150 mg kg⁻¹).⁶ Первоначально осваивались части серрадо с наиболее плодородными почвами, но к настоящему времени земледельческая колонизация охватила маргинальные районы с бедными почвами. Экстраполяция данных по имеющимся в нашем распоряжении почвенным профилям на всю территорию серрадо, для определения реального баланса калия в почве и выработки рекомендаций земледельцам, могла привести к существенным ошибкам. Поэтому было решено провести более детальное исследование и разработать проблемно-ориентированную ГИС для определения баланса калия в сельскохозяйственных системах на примере одного из важнейших земледельческих районов бразильского серрадо – Юго-запада штата Гояс.

Оценка внесения калия в почву проводилась на уровне штатов Бразилии по данным Национальной ассоциации продавцов минеральных удобрений Бразилии (ANDA). Этот слой ГИС оказался наименее точным, в силу специфики исходных данных.

⁴ Manzatto C. V., Freitas Junior, E., Perez, J. R. Uso Agrícola dos Solos Brasileiros. Rio de Janeiro : Embrapa, 2002

⁵ Например, по оценке специалистов Департамента сельского хозяйства США (USDA) – 45 млн га.

⁶ Данные получены от специалистов EMBRAPA Solos.

На третьей и четвертой стадиях реализации проекта в качестве полигона для более детального изучения территориальных особенностей баланса калия в почвах Бразилии был выбран юго-запад штата Гояс, один из главных сельскохозяйственных районов страны, специализирующийся на производстве сои, кукурузы, хлопка, сахарного тростника и на мясном скотоводстве, включая стадию откорма. Характеристика наличия калия в почве проводилась по данным обследования почв в хозяйствах местных земледельцев, большинство которых состоят в сельскохозяйственном кооперативе COMIGO. Экстраполяция этих исходных данных на ландшафтные контуры, а затем на специально созданную по материалам спутниковой съемки LANDSAT для целей проекта более детальную карту полей (участков землепользования) позволила получить точные данные о наличии калия в почве и прочих характеристиках почв в пределах пахотного слоя. Данные о внесении минеральных удобрений и об урожае основных сельскохозяйственных культур были получены непосредственно у фермеров, в ходе опросов (в 2006 г. было опрошено более 500 человек) и выборочных обследований хозяйств.

В результате получена уникальная серия карт, позволяющая оценить баланс калия в сельскохозяйственных системах, выявить территории, нуждающиеся в увеличении доз внесения удобрений, а также территории, где фермеры вносят избыточные дозы удобрений, что существенно снижает эффективность земледелия. На текущей стадии проекта проводится работа по детализации ГИС на основе использования обработки спутниковых снимков LANDSAT, что позволяет понизить её таксономический уровень до ландшафтных контуров и отдельных крупноконтурных полей. Разработчики также ожидают, что дополнение ГИС данными о режиме осадков и о календарном цикле производства основных сельскохозяйственных культур позволит выработать привязанные к местности рекомендации по оптимизации сроков внесения минеральных удобрений.

Результаты проекта опубликованы в различных изданиях и уже привлекли интерес исследователей из различных стран.⁷ В самой Бразилии резонанс от публикации первых итогов проекта привлёк большое внимание в ходе дискуссии о необходимости развёртывания федеральной программы по эффективности использования минеральных удобрений, в реализации которой предполагается задействовать разработчиков описываемой ГИС.

Нам представляется, что создание подобных ГИС весьма важно и для России, на территории которой также отмечаются резкие контрасты в уровне внесения минеральных удобрений. Это показало проведенное нами в 2007 г. исследование, посвящённое оценке потенциала региональных рынков калийных удобрений в субъектах Российской Федерации (далее – РФ).⁸

По данным на 2004 г., 69% общего валового объема внесения минеральных удобрений (НРК в целом) в России пришлось только на 15 субъектов РФ. Лидерами среди них были Республика Татарстан (соответственно, 210 и 206 тыс. т), на которые вместе приходилось 23% всего объема внесенных НРК; на третьем месте находилась Ростовская область (136 тыс. т). В десятку лидеров по валовому объему внесения минеральных удобрений вошли также такие субъекты Российской Федерации, как Ставропольский край, Воронежская, Белгородская, Липецкая, Орловская, Курская области и Республика Башкортостан.⁹ Удельный объем внесения минеральных

⁷ См., например: Prado R. B., Naumov A. et al. Mapping potassium availability from limited soil profile data in Brazil // Digital Soil Mapping with Limited Data. Springer Science+Business Media. 2008, p. 91-101; Naumov A., Prado R.B. Mapping spatial and temporal potassium balances in Brazilian soils of south-west Goias. // e-ific No 15, March 2008. - <http://www.ipipotash.org/e-ific/2008-15/research2.php>

⁸ В указанной работе под руководством А.С. Наумова принимали также участие А.В. Пучкина, И.Н. Рубанов, Д.В. Снитко (все – географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова).

⁹ По данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия РФ.

удобрений в 2004 г. в среднем по стране составил 22.8 кг на 1 га посевной площади сельскохозяйственных культур. Лидером по объему внесения минеральных удобрений на 1 га посевной площади была Мурманская область (153.3 кг/га; за счет специфик земледелия в закрытом грунте). Среди регионов в пределах основной земледельческой зоны России лидером по удельному объему внесения минеральных удобрений является Республика Татарстан: 72.3 кг/га.

Особый интерес представляла динамика валовых и удельных показателей внесения минеральных удобрений по регионам России за 1994-2004 гг. В лидирующих по валовым объемам внесения NPK субъектах РФ объемы сократились в 2-3 раза, в то время как в некоторых регионах произошло его резкое падение (например, в Рязанской области почти в 16 раз, с 279 тыс. т в 1990 г. до 18 тыс. т в 2004 г.). Наибольший спад наблюдался в Азиатской части России в Республике Тыва (более чем 1000 раз!), а в Европейской части – в Псковской области (почти в 90 раз, с 141 тыс. до 1.6 тыс.т).

Удельный объем внесения минеральных удобрений (NPK на единицу площади сельскохозяйственных угодий) в среднем по стране сократился практически в 4 раза (с 88 кг/га в 1990 г. до 23 кг/га в 2004 г.). В пятерку лидеров по удельным объемам внесения минеральных удобрений в 2004 г. вошли Мурманская и Калининградская области, а также Хабаровский край, где валовой объем внесения NPK незначителен. Из регионов, где вносятся большие объемы NPK, наиболее существенный спад в удельных объемах внесения NPK за 1990–2004 гг. наблюдался в Московской (в 4.9 раза) и в Курской (в 4.3 раза) областях. Внесение NPK на единицу площади сельскохозяйственных угодий в Белгородской области сократилось в 3.1 раза (со 179 кг/га в 1990 г. до 58.3 кг/га в 2004 г.), в Краснодарском крае – в 2.9 раза, в Татарстане – в 1.7 раза.

Другими показателями, использованными нами для оценки потенциала региональных рынков калийных удобрений в субъектах РФ, стали:

- общая величина земледельческого потенциала (интегральный показатель, учитывающий размер площади пашни и посевных площадей, уровень распаханности территории);
- уровень интенсивности использования сельскохозяйственных угодий (стоимость продукции в расчёте на единицу их площади);
- объем инвестиций, направляемых в аграрный сектор (в расчёте на единицу площади и на 1 занятого);
- характер специализации земледелия.

В первом приближении, эти группы показателей образовали «слои» ГИС, по ним была построена серия карт. В картографической форме были представлены также данные об агрономических особенностях и об общих объемах потребления калийных удобрений.

Наряду с анализом природно-географических и экономических показателей, мы также использовали сравнительный метод. Для оценки перспектив развития региональных рынков были оценены потенциальные объёмы потребления калийных удобрений в субъектах РФ в соответствии с двумя сценариями. Первый – из расчёта внесения калийных удобрений под основные культуры – потребители калия на уровне 100% от ведущих мировых производителей соответствующих видов сельхозпродукции (в которых производство сосредоточено в районах – природных аналогах российских регионов-производителей), второй сценарий – на уровне 50%.¹⁰

¹⁰ Подавляющее большинство регионов РФ не отличается даже средними, по меркам большинства развитых стран, удельными показателями внесения калийных удобрений на единицу площади. Например, рассчитанный для России в целом объём внесения K₂O под 8 культур в соответствии со средними дозами Германии в 9 раз выше, чем его реальное потребление.

Как показал проведённый анализ, наиболее перспективными рынками являются регионы в пределах равнин Юга Европейской части России (Краснодарский и Ставропольский края, Ростовская область). Дефицит калия, по сравнению с дозами в зарубежных регионах-аналогах, здесь составляет до 100%. В то же время, эти регионы являются лидерами по общей посевной площади и по посевной площади культур, потребляющих много калия. Во всех них отмечен прирост площади под такими культурами (в первую очередь, под подсолнечником), что создаёт возможности для экстенсивного роста спроса на калий и другие макроэлементы. Также, в них отмечен значительный прирост инвестиций в единицу площади сельскохозяйственных угодий. К основным регионам данной группы близки показатели Волгоградской и Саратовской областей, где дефицит потребления калия составляет около 90% от зарубежных территорий, принятых нами за эталонные аналоги.

В Центрально-Чернозёмном экономическом районе, прежде всего, выделяются рынки Белгородской и Воронежской областей. В отличие от соседних субъектов РФ, уровень внесения калийных удобрений в них заметно ниже зарубежных аналогов. Заметной динамики посевной площади под культурами-потребителями калия в этих двух областях за последние 5 лет не наблюдалось. Однако значительный прирост инвестиций в расчёте на 1 га угодий, в первую очередь, в Белгородской области, позволяет прогнозировать прирост потребления минеральных удобрений в краткосрочной перспективе.

В Азиатской части России наиболее перспективны рынки Алтайского края и Омской области, регионов со значительным земледельческим потенциалом. Земледелие традиционно развивалось здесь по экстенсивному пути, что нашло отражение в низких значениях удельной обеспеченности инвестициями 1 га пашни и проявилось в крайне низких значениях средних доз внесения минеральных удобрений. Дефицит калия, по сравнению с зарубежными эталонами, здесь особенно велик (в Алтайском крае он составляет около 140%). Начавшийся в последнее время приток инвестиций позволяет ожидать роста спроса на минеральные удобрения в средне- и долгосрочной перспективе.

Безусловно, наше исследование по регионам России можно рассматривать лишь как первое приближение к созданию проблемно-ориентированной ГИС. Как показывает опыт проекта по программе «Удобрять, Бразилия», для решения подобной задачи требуется изучение на гораздо более детальном уровне широкого спектра почвенных и ландшафтно-геохимических характеристик, особенностей землепользования и сельскохозяйственного производства, включая валовые сборы сельскохозяйственных культур, а также дозы, сроки и методы внесения минеральных удобрений. Данные для каждого из слоёв такой комплексной ГИС изначально привязаны к специфическим сеткам (контуры почвенных ареалов, АТД низового уровня и границы производственных единиц). Совместное представление характеристик столь разнородных природных и социально-экономических пространственных объектов и их взаимосвязей (оверлей полигонов) представляет определённую техническую сложность. Решение этой задачи возможно на основе использования имеющихся в нашей стране наработок по дистанционному зондированию земной поверхности. Полигоном для реализации подобного проекта, в случае поддержки его сельскохозяйственными производителями, промышленностью минеральных удобрений, а также государственными и независимыми научными институтами и фондами, могла бы стать территория одного или нескольких субъектов Российской Федерации, выделяющихся сельскохозяйственной специализацией в межрайонном разделении труда.