

на зерно на 8,3–17,5 ц/га, горохово-овсянной смеси на 8,6–70,8 ц/га, озимой пшеницы на 2,4–13,7 ц/га, подсолнечника на 3,1–9,2 ц/га, люцерны на 25–129 ц/га по сравнению с контролем.

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что органические удобрения на исследуемых почвах необходимо вносить в дозах 50–100 т/га, рассчитанных эквивалентно подстилочному навозу. В случае нехватки органических удобрений необходимо вносить по 50 т/га навоза в сочетании с минеральными удобрениями N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>.

В качестве органических удобрений могут быть использованы все отходы животноводческого сектора, отходы предприятий перерабатывающей промышленности и городского хозяйства (осадки городских сточных вод, хозяйственный мусор, дефекаат сахарных заводов), гумусированный материал делювиальных почв, илы, накопленные в прудах, жидкие отходы животноводческих комплексов и предприятий сельскохозяйственного сырья.

Жидкие удобрения можно компостировать. В качестве поглощающего материала используется делювиальная почва, дефекаат сахарных заводов, солома и другие.

#### **Библиографические ссылки**

1. Добровольский Г.В. Глобальный характер угрозы современной деградации почвенного покрова // Структурно-функциональная роль почв и почвенной биоты в биосфере. Москва: Наука, 2003, С.279–288.
2. Programul complex de valorificare a terenurilor degradate și sporirea fertilității solurilor. Chișinău: Pontos, 2004, P.62–64.
3. Эрозия почв. Сущность процесса. Последствия, минимализация и стабилизация. Chișinău: Pontos, 2004. 428 с.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

**В. А. Генин**

*Институт почвоведения и агрохимии, Минск*

Информационные технологии повсеместно внедряются в деятельность человека, аграрии не стали исключением. Точное земледелие является одним из примеров использования информационных технологий в сельском хозяйстве.

В научной литературе существуют два определения этого термина. Первое из них более широкое, под точным земледелием понимается комплексная высокотехнологичная система сельскохозяйственного менеджмента, включающая в себя технологии глобального позиционирования,

географические информационные системы, технологии оценки урожайности, технологию переменного нормирования и инструменты параллельного вождения. В более узком смысле под точным земледелием понимают управление продуктивностью посевов с учётом внутривидовой вариативности среды обитания растений. Целью такого управления является получение максимальной прибыли при условии оптимизации сельскохозяйственного производства, экономии хозяйственных и природных ресурсов.

Точное земледелие невозможно без достоверной информации о состоянии почвы и растений. На основании этой информации строятся карты для дифференцированного внесения удобрений, средств защиты растений и высева семян. Ученые разрабатывают различные методы для оценки почв. Наиболее традиционным методом для создания карт заданий для сельскохозяйственной техники является агрохимический анализ почвы. Суть метода заключается в том, что производится отбор почвенных образцов, которые направляются в агрохимическую лабораторию, где производится их анализ на те или иные питательные элементы, содержание органического вещества, значение почвенной кислотности и другие. Основной проблемой данного метода является то, что остается дискуссионным вопрос о том, как отбирать почвенные образцы для того, чтобы использовать полученную информацию для дифференцируемого внесения удобрений.

Существует два основных метода, первый из которых основан на разделении поля сетью элементарных участков, для этой цели могут быть использованы произвольные квадраты или прямоугольники заданной площади, либо разделение поля на элементарные участки основано на дополнительной информации, полученной с использованием данных дистанционного зондирования земли, карт перманентного учета урожайности, карт электропроводности почвы, информации о рельефе поля и др. В границах полученных участков производится отбор единого почвенного образца, обычно путем 10–15 почвенных уколов, равномерно распределенных по всей площади участка.

Второй метод основан на точечном отборе почвенных образцов, поле делится равномерной сеткой в узлах которой производится несколько почвенных уколов, координаты каждого отдельного образца фиксируются с использованием GNSS приемника, образцы отправляются в лабораторию. На основании полученных данных из лаборатории строятся интерполяционные модели для предсказания содержания питательных элементов в почве в необследованных участках поля.

У каждого из методов есть свои плюсы и минусы, но при этом остается открытым вопрос о плотности обследования и о размере элементарного

участка. Здесь нам хотелось бы отметить, что агрохимическое обследование требует значительных финансовых вложений, и увеличение плотности обследования в 2 раза влечет за собой четырехкратное увеличение его стоимости. Далее мы бы хотели рассмотреть несколько исследований на данную тему и привести свой личный опыт.

Hammond рассматривал оптимальный размер сетки для описания распространения основных питательных элементов в почве при возделывании картофеля в границах штата Вашингтон [1]. Он пришел к выводу, что оптимальный размер сетки отбора почвы должен составлять 60 на 60 метров, ячейки с размером 120 на 120 метров или больше нерепрезентативны. Franzen с соавторами [2] утверждали, что оптимальная плотность отбора почвенных образцов составляет 66 метров. Wollenhaupt со авторами [3] писали об оптимальном размере клетки в 60 на 60 метров, при этом авторы работы предполагали, что для некоторых обстоятельств размер клетки должен быть уменьшен.

Mallarino and Wittry [4] показали, что сетка больше 0,8 га в большинстве случаев для дифференцированного внесения удобрений при картировании фосфора и калия не может быть использована.

Американские ученые [5] исследовали вариацию почвенной кислотности на двух полях, расположенных в северной части Миннесоты, путем отбора 110 образцов с плотностью в 0,1 га. На основании этих данных авторами была построена интерполяционная модель, ошибка интерполяции оценивалась с использованием дополнительных почвенных образцов и составила 0,3 единиц рН.

Автором проводились исследования для ряда полей, расположенных в Республике Беларусь, на зональных для нашей страны дерново-подзолистых почвах. Плотность отбора почвенных образцов составляла 50 м, также для контроля 20–30 % поля обследовалось с частотой в 25 м. В общей сложности исследование проводилось на площади в 180 га. Наши исследования имеют высокую сходимость с другими авторами. Нами было выявлено, что вариативность содержания фосфора, калия, гумуса и почвенной кислотности на поле не описывается частотой отбора образцов сеткой в 100 и 50 м. Для иллюстрации мы бы хотели привести рисунок 1. Поле было обследовано в 2018 году, на рисунке слева приведено пространственное распространение калия при использовании сетки в 100 метров, справа при использовании сетки в 50 метров.

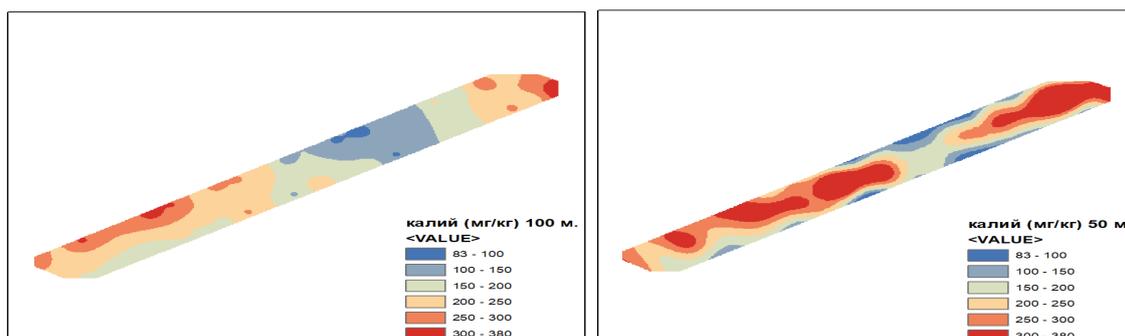


Рис. 1 – Пространственное распределение калия в почве (метод Кирсанова)

Схожую картину мы наблюдали для пространственного распределения и других агрохимических показателей. Мы считаем, что плотность отбора почвенных образцов в 1 га не только не дает точной информации о пространственном распределении агрохимических показателей, но и имеет ряд сложностей при применении в практических целях, главная из которых – значительные финансовые затраты.

Еще одним направлением использования информационных технологий является использование данных дистанционного зондирования для картирования гумуса.

Содержание гумуса в почве является одним из основных факторов почвенного плодородия. Содержание гумуса оказывает положительное влияние на способность почвы удерживать доступную для растений влагу, способность растений абсорбировать питательные элементы, эффективность гербицидов и пестицидов. Около 95 % азота в почве содержится в виде органических соединений, большая часть которых не доступна растениям. В течение вегетационного сезона в ходе процессов разложения органических соединений некоторая часть почвенного азота переходит в доступную для растений форму.

Одно из первых исследований, в котором произведена оценка содержания гумуса по данным аэрофотосъемки, было проведено в штате Индиана в 1969 году. Автором было отобрано 169 почвенных образцов для лабораторного анализа на содержание гумуса; в местах отбора почвенных образцов на аналоговой пленке были определены значения яркости.

В результате сопоставления данных для красной зоны спектра был получен коэффициент корреляции 0,76, что послужило поводом предположить, что линейная корреляция не оптимальна для построения регрессионного уравнения. В своей работе он выделил четыре фактора, влияющих на цвет почвы: содержание гумуса, наличие железистых соединений, условия увлажнения почвы и потенциал продуктивности [7].

За последние десятилетия в целях определения наиболее устойчивого регрессионного уравнения для предсказания содержания гумуса в

почве было изучено множество изображений в различных каналах съемки. В 2005 году Galvao [8] были использованы данные гиперспектрального сенсора AVIRIS для картографирования свойств почвы. Автором было доказано значительное влияние соединений железа, алюминия на спектральную отражательную способность почвы. В то же время было показано, что содержание гумуса на исследуемых почвах незначительно влияет на их отражательную способность.

На постсоветском пространстве исследования в данной области развиты гораздо слабее, что, в первую очередь, объясняется отсутствием качественных данных дистанционного зондирования земли. Малышевский В. А. в ходе исследования с использованием спутниковых данных высокого пространственного разрешения и 9 образцов почвы установил математическую связь между отражением почвы и содержанием в ней гумуса. Точность модели составила 98 %, но при этом стоит отметить, что автором была использована крайне малая выборка, на основании которой невозможно строить достоверные модели [9].

Мы проводили наши исследования на дерново-подзолистых почвах различного гранулометрического состава, с использованием данных как беспилотного летательного аппарата, так и данных спутниковой съемки с пространственным разрешением от 0,65 до 10 м. Количество почвенных образцов, используемых для анализа, варьировало от 160 до 10, в общей сложности нами было обследовано 7 полей. Для каждого из них нами были получены высокие значения коэффициентов детерминации, которые свидетельствуют о том, что для зональных типов почв Беларуси применение данных дистанционного зондирования земли может быть использовано для картирования гумуса.

Полученные карты могут быть использованы в первую очередь для дифференцированного внесения азотных удобрений, что позволит сократить издержки при производстве сельскохозяйственной продукции.

Таким образом, мы рассмотрели некоторые научные результаты, полученные при внедрении технологий точного земледелия как в Беларуси, так и за рубежом. Они были бы невозможны без использования современных информационных технологий, в первую очередь геоинформационных систем и данных дистанционного зондирования земли.

#### **Библиографические ссылки**

1. Mcintyre, G. J. Soil sampling for soil testing/ G. J. Mcintyre// Australian Institute of Agricultural Science. 1967. Vol. 33. P. 309 –320.
2. Hammond M. W., Robert P. C., Rust R. H., Larson W. E. Cost analysis of variable fertility management of phosphorus and potassium for potato production in central Washington // Soil Specific Crop Management. 1993. Vol. 21, №2. P. 213 –228.

3. Franzen D. W., Hofman A.D., Halvorson L.J. Cihacek Sampling for site –specific farming: topography and nutrient considerations // Better Crops, 1996. Vol. 80, № 3. P. 14–17.
4. Properties N. C., Wollenhaupt N. C., Mulla D. J., Gotway C. A. Soil Sampling and Interpolation Techniques for Mapping Spatial Variability of Soil Properties // Amer. Soc. Agronomy, 1997. Vol. 91, № 1. P. 19–53.
5. Mallarin, A.P., Wittry D.J. Efficacy of grid and zone soil sampling approaches for site –specific assessment of phosphorus, potassium, pH, and organic matter // Precis. Agric. 2004. Vol. 5, №1. P. 131–144.
6. Han S., Hummel J.W., Goering C.E., Cahn M.D. Cell size selection for site –specific crop management // Trans. ASAE. 1994. Vol. 37. P. 19–26.
7. Alexander, J. D. A color chart for organic matter // Crops Soils. 1969. № 21. P. 15–17.
8. Galvao L. S., Pizarro M. A, Epiphanyo J. C. Variations in reflectance of tropical soils: Spectral–chemical composition relationships from AVIRIS data // Remote Sensing of Environment. 2010. № 75. P. 245–255.
9. Малышевский В. А. Расчет содержания гумуса с использованием данных дистанционного зондирования земли // КубГАУ, 2012. №92 (08) С. 112–115.

## **ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ И КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ОКРУГОВ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ**

**А.С. Соколов**

*Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, Гомель*

Белорусское Полесье представляет собой природно-территориальный комплекс ранга физико-географической провинции в Единой десятичной системе районирования Европы. Относится к области смешанных лесов Восточно-Европейской равнины и включает 4 физико-географических округа и 11 районов.

Целью работы явилось определение региональных особенностей структуры земельных ресурсов Белорусского Полесья в разрезе округов. Для вычисления площадей земель различных категорий в пределах округов были использованы данные о площади земель соответствующих категорий в административных районах на 01.01.2017 [1], взвешенные по площади доли данного административного района в пределах физико-географического округа. Так же были рассчитаны и показатели кадастровой оценки сельскохозяйственных земель.

Преобладающим видом земель являются лесные земли, составляющие 46,5 % всего земельного фонда. Сельскохозяйственные земли занимают 35,4 %, в их структуре преобладает пашня (62,7 % сельскохозяйственных земель), луга занимают 36,2 %, а земли под постоянными культурами