

Е.С. Черепанова¹, М.А. Алёшин², М.Д. Худорожков³

**ПЕРМСКИЙ КЛАССИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
И ПЕРМСКИЙ АГРАРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ:
ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ СОВМЕСТНЫХ ПОЛЕВЫХ УЧЕБНЫХ ПРАКТИК
ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ ФАКУЛЬТЕТОВ**

АННОТАЦИЯ

Основная задача современного образовательного процесса в высшей школе – максимально приблизить теоретическое обучение по профильным дисциплинам учебного плана к условиям производства и максимально насытить прикладными аспектами. Важнейшее условие успешного освоения основной образовательной программы высшего образования любого направления является последовательность освоения студентами всех её блоков – дисциплин, практик и государственной итоговой аттестации. Учебные практики для студентов прикладных факультетов высших учебных заведений (в нашем случае студентов географического факультета ПГНИУ и студентов факультета почвоведения, агрохимии, экологии и товароведения ПАГУ), чья учебная деятельность связана с исследованиями природной и антропогенной среды различными методами, занимают особое место. Основная цель такого рода практики – получение первичных умений и навыков, закрепление теоретических знаний, полученных в процессе теоретического обучения. Такие практики, как правило, проходят на территориях учебно-научных баз, учебно-опытных хозяйств, стационаров, где присутствуют эталонные природные и антропогенные элементы, и используются базовые и современные технологии обработки данных.

Усилиями преподавателей Пермского государственного национального исследовательского университета (ПГНИУ) и Пермского аграрно-технологического университета (ПАГУ) был реализован проект совместного проведения полевой учебной практики в рамках конкретного хозяйства. Главная цель подобных инициатив – в условиях научного взаимодействия вовлечь студентов разных направлений подготовки в полный цикл производственной деятельности предприятия, работающего с пространственными данными – от сбора и анализа первичных пространственных данных до выдачи готового картографического продукта.

В рамках практики были спланированы и осуществлены полевые и камеральные работы на одном из крупнейших сельскохозяйственных предприятий Пермского края, основными видами деятельности которого является разведение крупного рогатого скота, мясное и молочное скотоводство, а также выращивание зернобобовых и зерновых культур. Результатом работ должны были стать картографические произведения – картограммы показателей, определяющих уровень плодородия почвы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: точное земледелие, ГИС-технологии, составление картограмм по агрохимическим показателям

¹ Пермский государственный национальный исследовательский университет, ул. Букирева, д. 15, 614990, Пермь, Россия, e-mail: cherepanova_es@rambler.ru

² Пермский государственный аграрно-технологический университет, ул. Петропавловская, д. 23, 614000, Пермь, Россия, e-mail: matvei0704@mail.ru

³ Пермский государственный национальный исследовательский университет, ул. Букирева, д. 15, 614990, Пермь, Россия, e-mail: mishahudor@yandex.ru

Ekaterina S. Cherepanova¹, Matvey A. Alyoshin², Mikhail D. Khudorozhkov³

PERM STATE UNIVERSITY AND PERM AGRO-TECHNOLOGICAL UNIVERSITY: EXPERIENCE OF JOINT FIELD TRAINING PRACTICES FOR STUDENTS OF NATURAL SCIENTIFIC FACULTIES

ABSTRACT

The main task of modern educational process in higher education is to maximize the theoretical learning on any discipline of the curriculum to its applied aspects. The most important condition for successful mastering of the basic educational program of higher education of any direction is the sequence of mastering by students all its parts – disciplines, practices and state final attestation. Educational practices for students of natural science faculties of higher educational institutions (in our case, students of the Faculty of Geography of PSU and students of the Faculty of Soil Science, Agrochemistry, Ecology and Commodity Studies of PSATU), whose educational activities are related to research of the natural and anthropogenic environment by various methods, occupy a special place. The main purpose of this type of practice is to acquire primary skills and to consolidate theoretical knowledge obtained in the course of theoretical training. Such practices, as a rule, are held on some educational and scientific bases, training and experimental farms, hospitals, where the reference natural and anthropogenic elements are present, and basic and modern data processing technologies are used.

With the efforts of the teachers of the Perm State National Research University (PSU) and the Perm Agro-Technological University (PSATU), a joint field training project was implemented. The main goal of such initiative is to involve students from different areas of training in a full cycle of production activities of an enterprise working with spatial data, from the collection and analysis of primary spatial data to the issuance of a completed cartographic product.

Within the framework of the practice, field and cameral work was planned and carried out at one of the largest agricultural enterprises of Perm Region, the main activity of which is cattle breeding, meat and dairy cattle breeding, and the cultivation of leguminous and cereal crops. The result of the work is presented in cartographic works – cartograms of soil fertility indicators.

KEYWORDS: precision agriculture, GIS-technology, the mapping of the agrochemical indicators

ВВЕДЕНИЕ

Вовлечение во взаимодействие между вузами представителей от производственного сектора экономики выступает весомым и зачастую важнейшим фактором, определяющим вектор развития отрасли, корректирующим направленность проведения не только практики, но и всего учебного процесса по отдельным направлениям. Кроме этого, на самих участников образовательного процесса (студентов, преподавателей), накладывается определённый уровень ответственности за цифровой продукт, полученный по результатам практики.

Использование специалистами хозяйства современных специальных карт (в нашем случае – картограмм) позволяет перейти и активно использовать технологии так называемого «точного земледелия». Под этим термином понимается комплексная высокотехнологичная система сельскохозяйственного менеджмента, включающая в себя технологии глобального позиционирования, ГИС, оценки продуктивности растений и уровня урожайности, ДЗЗ. В условиях хозяйства эта система направлена на получение максимального объёма качественной и наиболее дешёвой сельскохозяйственной

¹ Perm State University, Bukireva st., 15, 614990, Perm, Russia, *e-mail:* cherepanova_es@rambler.ru

² Perm State Agrarian and Technological University, Petropavlovskaya st., 23, 614000, Perm, Russia, *e-mail:* matvei0704@mail.ru

³ Perm State University, Bukireva st., 15, 614990, Perm, Russia, *e-mail:* mishahudor@yandex.ru

продукции с учётом норм экологической безопасности [Труфляк, 2016]. Также технологии точного земледелия позволяют управлять продуктивностью посевов с учётом внутривидовой вариативности среды обитания растений, а именно – оптимального управления для каждого квадратного метра [Якушев, Якушев, 2007].

Пермский край трудно отнести к передовым регионам в области ведения сельского хозяйства, учитывая особенности климата и характер почвенного покрова, и поэтому опыт внедрения компонентов точного земледелия в регионе достаточно ограничен. Однако существуют крупные хозяйства, где руководство осознаёт необходимость применения инновационных подходов, так как современные картографические продукты позволяют наиболее грамотно использовать основные и оборотные средства, сокращают сопутствующие затраты, способствуют более быстрому ответу на возникающие вызовы в процессе производства. Высокая востребованность современных и актуальных картографических материалов в настоящее время обусловлена отсутствием таковых за прошедшее десятилетие, поскольку последнее обновление карт такого рода проводилось в 2000–2003 годах. Таким образом, идея проведения учебной полевой практики для студентов направлений подготовки «Картография и геоинформатика» и «Агрохимия и агропочвоведение» в рамках конкретного производства была активно принята не только со стороны представителей хозяйства, но и нашла соответствующий отклик и поддержку со стороны руководителя и специалистов сельскохозяйственного управления муниципального района Пермского края [Алёшин, Черепанова, 2017].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Производство, связанное с выращиванием сельскохозяйственных культур, напрямую не только зависит от климатических условий сезона, но и в большей степени обусловлено уровнем плодородия конкретного участка землепользования. В свою очередь плодородие является «сборным» показателем, сочетающим в себе совокупность отдельных физико-химических, биологических, агрохимических и прочих параметров. Владение подобного рода информацией необходимо специалисту аграрного сектора для более грамотного выстраивания работ в весенне-летний и осенний периоды, подбора и приобретения соответствующих агрохимикатов и выстраивания грамотного логистического взаимодействия внутри отделения или хозяйства. В целом на основании графического отображения результатов лабораторных исследований, специалист-агроном хозяйства может сделать заключение о степени плодородия почвы, уровне возможного урожая по конкретной возделываемой культуре, нуждаемости в мелиорантах и удобрениях [Михайлов, 2012]. Дифференцированное внесение удобрений с учётом внутривидовой вариативности почвенного плодородия является одним из перспективных способов повышения их эффективности [Бобкова, Лобков, 2017].

Отбор почвенных образцов, как основной блок полевых работ, проходил в конце июня 2017 года. В данный период года наиболее ярко проявляются основные потребности растений и обеспеченность почвы элементами минерального питания. Помимо отбора проб, руководители практики преследовали реализацию и других идей:

- разработка алгоритмов сбора первичных пространственных данных;
- планирование и осуществление полевых и камеральных работ самими студентами;
- максимальное приближение профессионального образования к реальному производству;
- работа в команде, распределение обязанностей, планирование времени;
- интеграция существующей системы агрохимического обследования с ГИС-технологиями;
- создание современного продукта, востребованного со стороны передовых сельскохозяйственных товаропроизводителей края.

Производственные работы осуществлялись в несколько этапов: подготовительный (этап обработки и подготовки картографического материала), полевой, камеральный (этап обработки почвенных образцов), этап создания картографического материала. Камеральная обработка данных проводилась в агрохимических лабораториях ПГАТУ с применением высокотехнологичных инструментов и приборов, а обработка и выдача карт – в ПГНИУ. Для создания картографического материала был использован лицензионный программный комплекс ArcGIS.

Конечным результатом данных исследований явились картограммы распределения некоторых элементов (pH_{kcl} , P_2O_5 , K_2O), влияющих на степень плодородия почв. Картограммы в почвенном картографировании представляют собой схематическую сельскохозяйственную карту, и на их основе дают рекомендации по дифференцированному внесению удобрений.

На первом этапе от хозяйства был получен картографический архивный материал на территорию землепользования сельскохозяйственного предприятия. Пакет документов включал почвенную карту масштаба 1:10 000, созданную в 1983 году и карту с участками землепользования, составленную на основе аэрофотосъемки более 20 лет назад. Все перечисленные материалы нуждались в основательной корректировке и обновлении. Карты были последовательно отсканированы, отображены в ГИС и приведены в известную систему координат. Далее были уточнены по космическим снимкам размеры и местоположения сельскохозяйственных угодий хозяйства. Изменение границ было связано с вырубкой лесного массива, зарастанием кустарниковой растительностью и передачей сельскохозяйственных земель под застройку жилому сектору. На этом же этапе с сервера Росреестра в ArcGIS-проект были загружены кадастровые карты, по которым уточнялись границы населённых пунктов. Для корректного сбора почвенных образцов все сельскохозяйственные угодья были разбиты на отдельные элементарные участки, согласно которым проводилось выстраивание полевых маршрутов.

Следующий этап работ включал в себя собственно полевые работы: выезд в хозяйство, изучение правил техники безопасности при проведении полевых работ, рекогносцировка местности, отбор почвенных образцов при помощи тростевых буров с глубины пахотного горизонта. Данная процедура для студентов классического университета была совершенно новой, позволяющей понять происхождение первичных данных. В рамках каждого элементарного участка взятие 20–25 индивидуальных проб происходило на основании ранее проложенного маршрута через строго определённое расстояние, на глубину пахотного горизонта. Индивидуальные пробы, полученные в рамках одного участка, складировались в один пакет (объединённая проба) и подписывались согласно нумерации и деления полей на контуры.

На дерново-подзолистых почвах в условиях пахотных участков самый верхний (гумусовый) горизонт составляет в основном 20–25 см. Учитывая особенности используемой технологии основной обработки почвы в хозяйстве (до 15 см), его мощность редко превышала 18 см. Строение тростевого бура, используемого для отбора проб, позволяет без особых физических усилий за один укол равномерно произвести отбор почвы со всей мощности данного горизонта.

Выбор способа анализа исключительно пахотного горизонта почв и строения бура для отбора образцов почвы связан с особенностью распространения порядка 60–80 % корневых систем однолетних зерновых, зернобобовых и многолетних бобовых травянистых растений в рамках пахотного, более гумусированного горизонта.

Третий этап – камеральная обработка результатов полевых работ; студенты классического университета занимались обработкой цифровых пространственных данных, студенты сельскохозяйственного профиля – лабораторными анализами почвенных образцов. В рамках данного этапа были организованы совместные лабораторные и

лекционные занятия, где студенты познакомились с отдельными элементами работы своих коллег и узнали специфику обучения на другой специальности.

Согласно методическим указаниям по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения, в качестве основных агрохимических параметров, определяемых в процессе агрохимического картографирования в условиях Нечерноземной зоны в целом и Пермского края в частности, являются следующие показатели:

- уровень почвенной кислотности (реакция почвенного раствора pH_{KCl})¹;
- содержание подвижных соединений фосфора и калия²;
- обеспеченность почвы органическим веществом³;
- величина гидролитической кислотности⁴, сумма обменных оснований⁵, степень насыщенности почвы основаниями (V , расчётным способом)⁶.

Перечисленный спектр показателей является определяющим с точки зрения сельскохозяйственного производства, уровня плодородия почвы и позволяет установить лимитирующий фактор развития сельскохозяйственных культур в каждом конкретном случае.

В результате исследования были созданы картографические произведения – почвенные картограммы, отражающие следующие почвенные характеристики:

- Величина обменной кислотности (pH_{KCl});
- Содержание подвижного фосфора (P_2O_5);
- Содержание подвижного калия (K_2O).

Остальные показатели были детально представлены по агрохимическим контурам в итоговом документе «Паспортная ведомость».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Всего в рамках работы было изучено и переведено в цифровой формат хранения данных 16 планшетов. Были уточнены все площадные характеристики сельскохозяйственных угодий. Уточнение площадей конкретных полей и вне севооборотных участков позволят оптимизировать уровень затрат по отдельным элементам технологии возделывания сельскохозяйственных культур, наиболее точно спланировать количество посевного материала, агрохимикатов, единиц техники.

На основании лабораторных исследований были получены данные по каждому элементарному участку. С использованием совокупности данных по каждому показателю были составлены соответствующие одноименные картограммы. Для их составления выявлялись элементарные участки со схожими показателями (кислотности, фосфора, калия), которые объединяли в единый контур с последующим вычислением для каждого из них средневзвешенного показателя.

¹ ГОСТ 26483-85 Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение её pH по методу ЦИНАО. Электронный ресурс: <http://docs.cntd.ru/document/1200023490> (дата обращения 28.09.2018)

² ГОСТ 26207-91 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. Электронный ресурс: <http://docs.cntd.ru/document/1200023451> (дата обращения 28.09.2018)

³ ГОСТ 26213-91 Почвы. Методы определения органического вещества. Электронный ресурс: <http://docs.cntd.ru/document/1200023481> (дата обращения 28.09.2018)

⁴ ГОСТ 26212-91 Почвы. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО. Электронный ресурс: <http://docs.cntd.ru/document/1200023469> (дата обращения 28.09.2018)

⁵ ГОСТ 27821-88 Почвы. Определение суммы поглощённых оснований по методу Каппена. Электронный ресурс: <http://docs.cntd.ru/document/1200023552> (дата обращения 28.09.2018)

⁶ Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. Электронный ресурс: <http://www.alppp.ru/law/hozjajstvennaja-dejatelnost/selskoe-hozjajstvo/20/metodicheskie-ukazaniya-po-provedeniyu-kompleksnogo-monitoringa-plodorodija-pochv-zemel-se.pdf> (дата обращения 28.09.2018)

При разработке компоновки карты учитывались требования заказчика. Компоновка включала в себя: картограмму (изображение), базовую подложку, легенду, масштабную линейку, заголовок, дополнительные элементы карты. В качестве базовой картографической подложки использована подложка OpenStreetMap. Данная подложка упрощает процесс прочтения карты, а также подчёркивает отображаемое явление. Для оперативного считывания карты пользователем для каждого контура вынесены показатели: порядковый номер сельскохозяйственного поля, средневзвешенный показатель и площадь сельскохозяйственного поля.

Использование сквозной нумерации для контуров позволяет более детально сопоставить показатель, отображённый на картограмме, с остальными агрохимическими показателями в рамках конкретного контура в итоговом документе «Паспортная ведомость».

На рис. 1 показана общая концепция картограмм величины обменной кислотности. Красно-оранжевые и жёлтые тона для контуров указывают на сильно- и среднекислую реакцию среды, зачастую ограничивающую развитие сельскохозяйственных культур. Тона голубого и фиолетового цвета – реакция среды соответственно близкая к нейтральной и нейтральная. В данных условиях растения могут наиболее полно проявить свой потенциал продуктивности.

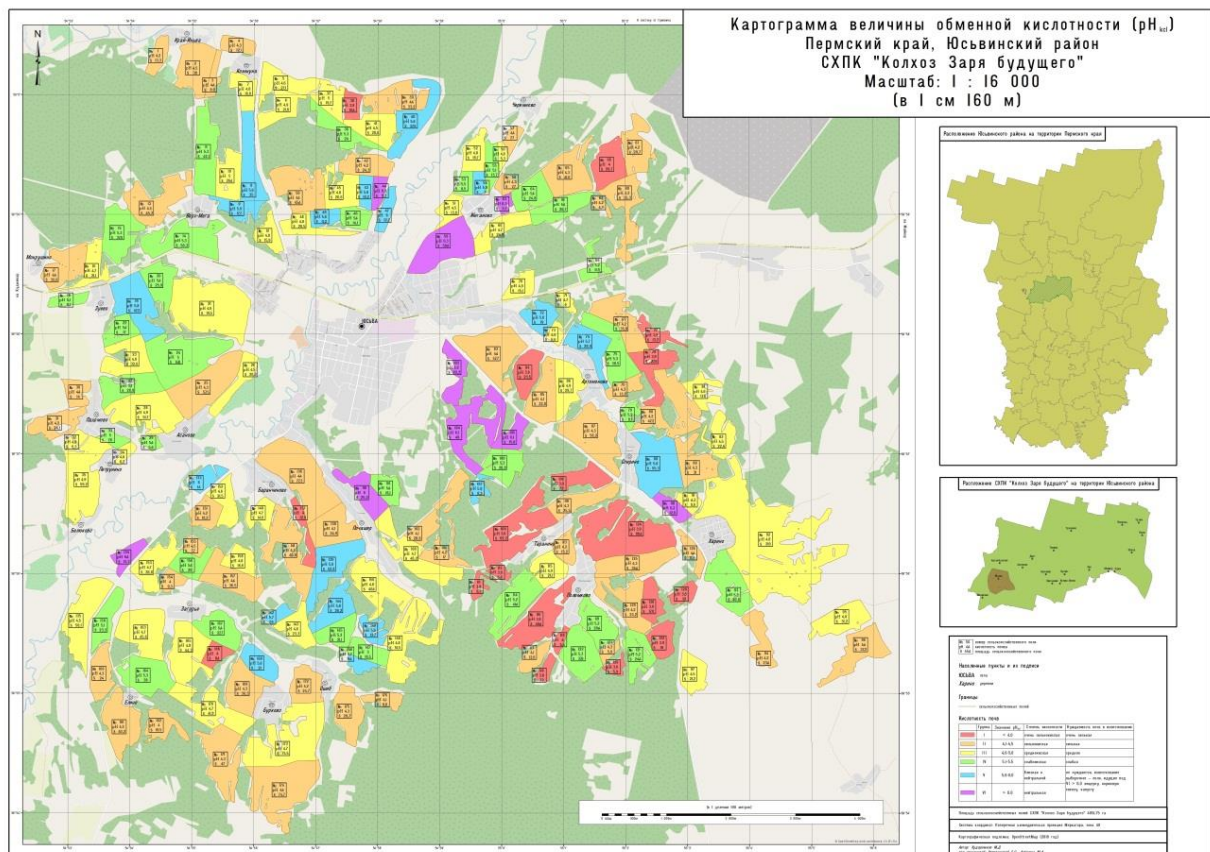


Рис. 1. Картограмма величины обменной кислотности
Fig. 1. Cartogram of the value of the exchange acidity

Кроме установления степени плодородия и возможности планирования отдельных мероприятий, полученные картограммы позволяют произвести оценку отдельных организационно-технических приёмов (обработка почвы, соблюдение чередования культур в севооборотах, равномерность и характер внесения органических удобрений и тому подобное). В подтверждение последнего пункта может служить более выраженная

«пестрота» по ряду показателей на участках, примыкающих к животноводческим комплексам в районе населённых пунктов.

ВЫВОДЫ

В работе был представлен полный комплекс работ и мероприятий по созданию картографического материала от полевых исследований с получением первичных данных до создания готового продукта – картограммы.

Анализ полученных почвенных образцов с последующим их графическим отображением позволил специалисту-агроному сельскохозяйственного предприятия сформировать план по проведению мероприятий по оптимизации реакции среды почвы (известкованию), дифференцированному внесению минеральных удобрений, выравниванию уровня плодородия за счёт более равномерного распределения органических удобрений (подстилочного навоза) по поверхности почвы и других.

Уточнение контуров и площадей по отдельным участкам землепользования в хозяйстве позволило оптимизировать уровень затрат по отдельным элементам технологии возделывания сельскохозяйственных культур, наиболее точно спланировать количество посевного материала, агрохимикатов, единиц сельскохозяйственной техники.

На всём протяжении совместной работы студенты и руководители практики отмечали высокий интерес к междисциплинарным исследованиям, которые обеспечивают понимание всех этапов производственной деятельности предприятий, ведущих свою деятельность в области природопользования и сельского хозяйства. Для преподавателей, инициировавших данную работу, данное взаимодействие позволит более детально ознакомиться со всем спектром используемых технологий, выявить новые возможности интерпретации пространственных данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алёшин М.А., Черепанова Е.С. Межвузовское сотрудничество в сфере организации и проведения учебных практик в условиях конкретного сельскохозяйственного производства. Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края, 2017. № 10. С. 12–15.
2. Бобкова Ю.А., Лобков В.Т. Использование технологий точного земледелия при создании агрохимических картограмм. Вестник ОрёлГАУ, 2017. № 4 (67). С. 25–31.
3. Михайлов С.И. Применение дистанционного зондирования Земли для целей высокоточного земледелия. Земля из Космоса, 2012. № 14. С. 24–26.
4. Труфляк Е.В. Основные элементы системы точного земледелия: учеб. пособие. Краснодар: КубГАУ, 2016. 39 с.
5. Якушев В.П., Якушев В.В. Информационное обеспечение точного земледелия. СПб.: Изд-во ПИЯФ РАН, 2007. 382 с.

REFERENCES

1. Alyoshin M.A., Cherepanova E.S. Interuniversity cooperation in the field of organization and implementation of educational practices in a particular agricultural production. Geoinformation support of spatial development of the Perm region, 2017. No 10. P. 12–15 (in Russian).
2. Bobkova Yu.A., Lobkov V.T. The use of precision farming technology to create agrochemical cartograms. Bulletin of Oryol State Agrarian University, 2017. No 4 (67). P. 25–31 (in Russian).
3. Mikhailov S.I. The use of remote sensing of the Earth for the purposes of high-precision farming. Earth from Space, 2012. No 14. P. 24–26 (in Russian).
4. Truflyak E.V. The basic elements of precision agriculture: Tutorial. Krasnodar: Kuban State Agrarian University, 2016. 39 p. (in Russian).
5. Yakushev V.P., Yakushev V.V. Information support of precision agriculture. St.-Petersburg: Publishing house of PNPI RAS, 2007. 382 p. (in Russian).