

## ПРИМЕНЕНИЕ ГИС ПРИ ИЗУЧЕНИИ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР НА ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ ЗАВОЛЖЬЯ

*Джангабаев Бауржан Жунусович, старший научный сотрудник отдела земледелия и новых технологий*

*Горянин Олег Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник отдела земледелия и новых технологий*

*Щербинина Елена Владимировна, младший научный сотрудник отдела земледелия и новых технологий*

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Самарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени Н.М. Тулайкова»*

*446254, Самарская обл., п.г.т. Безенчук, ул. Карла Маркса, 41; тел.: (84676)2-11-40,*

*e-mail: samniish@mail.ru*

**Ключевые слова:** ГИС, ресурсосберегающие технологии, мониторинг, эффективное плодородие

При обследовании полей тестового полигона на чернозёме обыкновенном Самарской области установлены изменения агрохимических свойств почвы, роста и развития растений во времени и под влиянием современных ресурсосберегающих технологий возделывания в производственных условиях, в длительных стационарных опытах ФГБНУ «Самарский НИИСХ» и на реперных участках ФГБУ САС «Самарская». Совместными исследованиями установлено, что, несмотря на возрастающие потери до 2015 года гумуса и питательных веществ, ухудшение агро- и воднофизических свойств, черноземные почвы тестового полигона имеют относительно высокий потенциал продуктивности. Более 50 % площадей полигона имеют среднее значение гумуса в почве: от 4 до 6 %, около 80 % площадей – высокое содержание подвижных фосфатов: 151-200 мг/кг, около 60% площадей пашни – очень высокое содержание обменного калия: от 180 до 260 мг/кг. Проведённый в 2018 году мониторинг выявил стабилизацию агрофизических и агрохимических свойств почвы. Переход от традиционных к ресурсосберегающим технологиям обеспечил существенное увеличение фосфатов на 9 из 12 полей и калийного режима почвы в среднем по полям полигона. По результатам исследований подготовлены электронные картограммы содержания питательных веществ в почвах тестового полигона и агрохимические паспорта полей, получены данные по темпам изменения почвенного плодородия во времени, степени использования питательных веществ почвы и удобрений и нормативы зависимости урожаев от агрохимических свойств почвы и удобрений для создания базы данных по регулированию плодородия почв и продуктивности пашни.

### Введение

Президентом России и Правительством РФ перед сельхоз-товаропроизводителями в настоящее время поставлена задача повышения конкурентоспособности сельского хозяйства, его экономической эффективности, обеспечения внутренней потребности и увеличения экспорта качественной сельхозпродукции. При этом данная задача усложняется тем, что в последние десятилетия усилилась зависимость сельскохозяйственного производства от изменяющихся климатических условий, большая часть сельскохозяйственных регионов страны (в том числе, Поволжье, Зауралье, Нечерноземье) находится в зоне «рискованного земледелия» [1].

Решение задачи повышения рентабельности сельского хозяйства невозможно без разработки новых эффективных методов управления сельхозпроизводством на основе передовых управленческих и информационных технологий, включая разработку технологий точного земледелия, а также методов и средств под-

держки принятия решений, базирующихся в том числе на компьютерном представлении знаний в указанной предметной области [2 - 6].

Основой для решения этих проблем являются данные о состоянии плодородия почв, биометрические нормативы роста и развития растений, засоренности посевов, подверженности болезням и вредителям. Полученные данные дают возможность повысить результативность работы специалистов хозяйств, определить наиболее важные направления деятельности и разработать комплекс мероприятий по сохранению почвенного плодородия и увеличению объемов производимой продукции [7 - 10].

### Объекты и методы исследований

Объект исследований – стационарный тестовый полигон ФГБНУ «Самарский НИИСХ» площадью 2500 га (рис. 1).

С 2015 года на всех полях полигона применялись ресурсосберегающие технологии возделывания полевых культур, основанные на минимальных обработках почвы под зернобо-

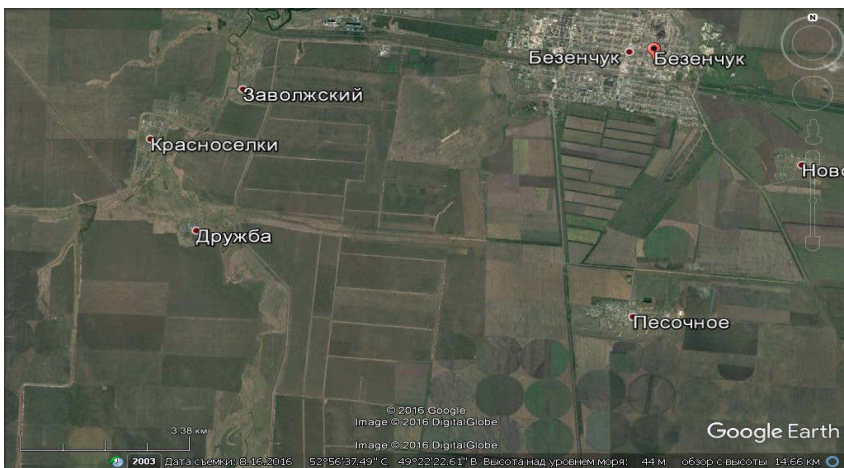


Рис. 1 - Космический снимок тестового полигона ФГБУ «Самарский НИИСХ»

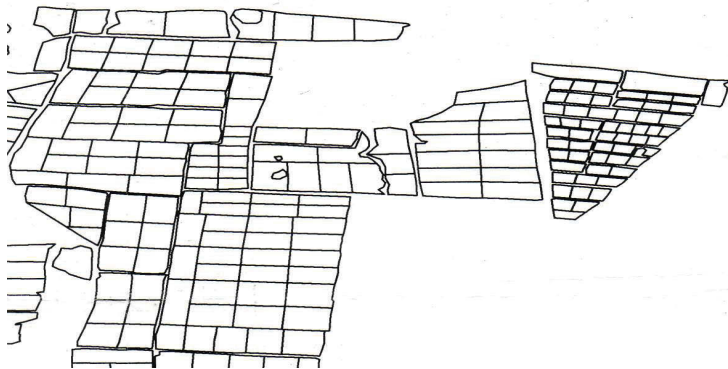


Рис. 2 – Электронная карта полей тестового полигона ФГБУ «Самарский НИИСХ»

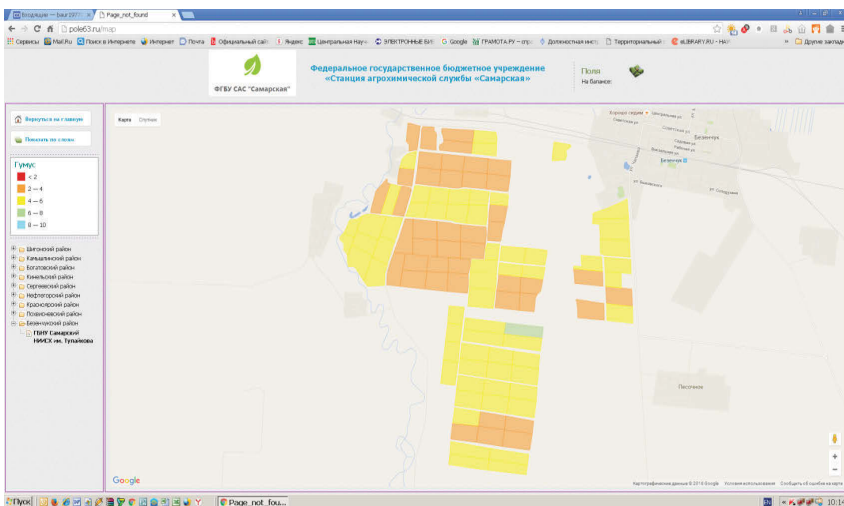


Рис. 3 - Электронная картограмма содержания гумуса в полях тестового полигона ФГБУ «Самарский НИИСХ»

бобовые и пропашные культуры и прямой посев яровых зерновых культур, применении адаптивных средств интенсификации (интегрированной

защите растений, эффективной системе удобрений).

Для отбора почвенных проб предварительно была проведена оцифровка полей тестового полигона с составлением электронной карты полей (рис. 2), с последующей разбивкой на parcelлы – элементарные участки преимущественно прямоугольной формы. Точки отбора проб (по 5 точек на parcelле) привязывали к местности с помощью глобальной навигационной системы (GPS), что позволило составить электронные агрохимические картограммы с более точным выделением контуров внутрипольной пестроты почвенного плодородия. Непосредственный отбор образцов осуществлен мобильным автоматическим пробоотборником. Почвенные обследования проведены в течение 2015 - 2018 гг.

Оперативные наблюдения в течение вегетации проводились в соответствии с общепринятыми методиками [11-14]. Влажность почвы определяли согласно ГОСТ 28.268-89. Содержание минерального азота (ГОСТ 26.212-84) и микроэлементов в почве: цинка (ГОСТ Р50686-94), меди (ГОСТ Р50684-94), молибдена (ГОСТ Р50689-94), кобальта (ГОСТ Р50687-94), серы (ГОСТ 26490-85), марганца (ГОСТ Р50682-94).

#### Результаты исследований

По данным почвенных анализов специалистами ФГБУ САС «Самарская» были составлены агрохимические паспорта полей, на основании которых с помощью компьютерной программы ArcGIS были созданы электронные картограммы содержания элементов питания.

Полученные картограммы показали, что по содержанию гумуса земли тестового полигона в хозяйстве относятся к малогумусным и слабогумусированным. Площадь пашни с низким

содержанием гумуса от 2 до 4 % составила 1200 га, или 48 % от всей площади полигона, со средним от 4 до 6 % – 1300 га, или 52 % (рис. 3).

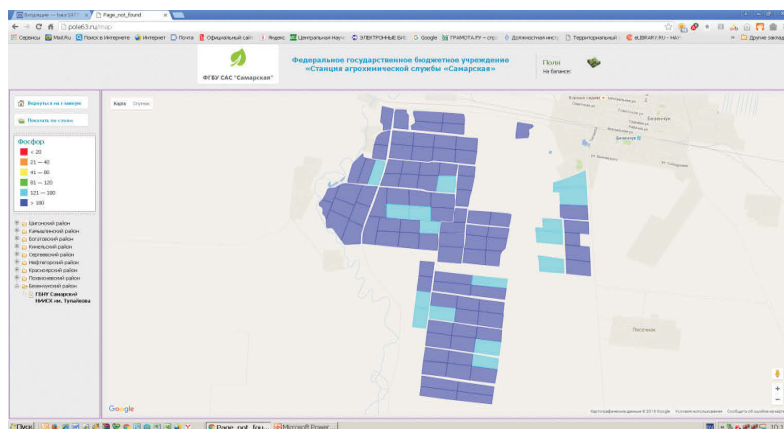
По содержанию подвижных фосфатов площадь пашни с высокой степенью обеспеченности (IV класс) составила 550 га, или 20 %, с очень высокой (V класс) – 1950 га, или 80 % (рис. 4).

По содержанию обменного калия площадь пашни с повышенной обеспеченностью составила 70 га, или 5 %, с высокой степенью обеспеченности (IV класс) составила 900 га, или 35 %, с очень высокой (V класс) – 1530 га, или 60 % (рис. 5).

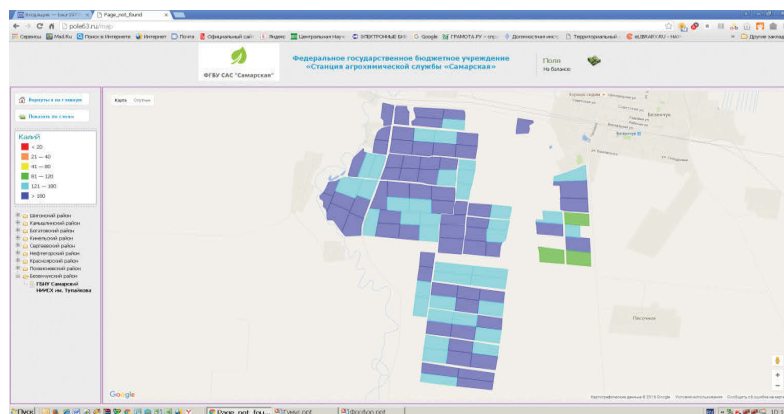
Математический анализ данных по содержанию элементов питания показал, что наибольшей изменчивостью характеризовалось содержание обменного калия и подвижного фосфора. Так, колебания численных значений показателей плодородия составили: по обменному калию: от 97,1 до 413,4 мг/кг, среднее значение показателя – 229,0 мг/кг, коэффициент вариации  $C_v=32,6$  %, по доступному растениям фосфору: от 125,0 до 322,0 мг/кг, среднее значение показателя – 221,0 мг/кг,  $C_v=22,6$  %, по гумусу: от 2,9 до 5,3 %, среднее значение составило 4,1 %,  $C_v=14,3$  %.

Оперативные наблюдения за динамикой влажности почвы проводились сотрудниками отдела земледелия и новых технологий ФГБНУ «Самарский НИИСХ» на полях экспериментального полигона площадью 330,5 га.

Наблюдения за влажностью почвы в начале вегетации сельскохозяйственных культур экспериментального полигона показали, что запасы продуктивной влаги в пахотном слое почвы были на уровне среднесезонных показаний, а в метровом слое – были выше среднесезонных значений на 20-25 %, что было обусловлено большим количеством осадков в осенне-весенний период. Наибольшие влагозапасы в метровом слое почвы были отмечены на полях № 9 и № 11 под посевами ярового ячменя: от 135,7 до 147,8 мм в среднем по точкам отбора проб и на поле № 10 под посевами яровой твердой пшеницы – от 134,7 до 136,7 мм со средним значением 133,7 мм. На остальных полях по-



**Рис. 4 - Электронная картограмма содержания подвижного фосфора в полях тестового полигона ФГБНУ «Самарский НИИСХ»**

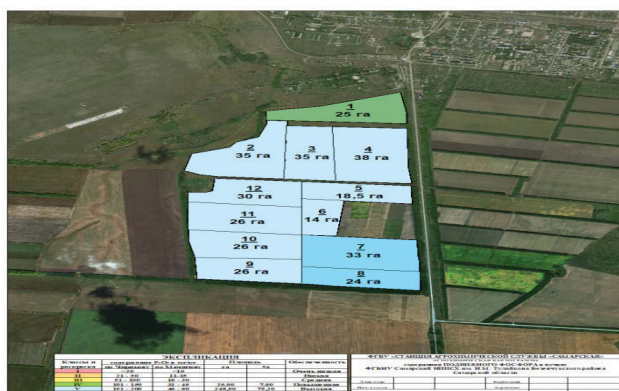


**Рис. 5 - Электронная картограмма содержания обменного калия в полях тестового полигона ФГБНУ «Самарский НИИСХ»**

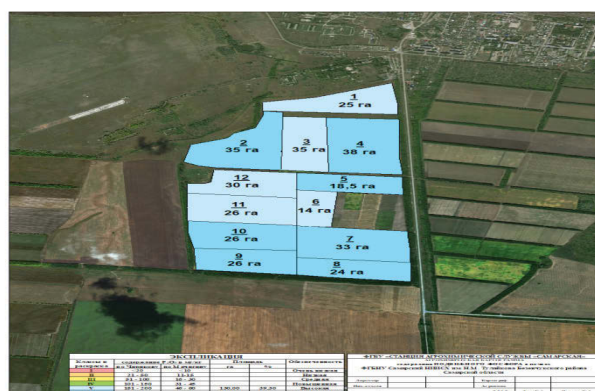
лигона содержание продуктивной влаги колебалось от 81,0 до 128,1 мм. В послеуборочный период были зафиксированы остаточные запасы влаги в метровом слое почвы от 19,9 до 54,8 мм, более 50 % которых находились в верхнем до 50 см слое.

Наблюдения за содержанием подвижных питательных веществ в слое почвы 0-40 см показали, что на фоне естественного плодородия большое влияние на их количество оказала предшествующая культура севооборота. Наибольшее количество нитратов было отмечено под посевами яровой твердой пшеницы, размещенной после хорошего предшественника (горох) – 54,35 -68,19 мг/кг. Наименьшее количество  $NO_3$  было отмечено под посевами ячменя после подсолнечника – 12,77-16,95 мг/кг почвы. На остальных полях экспериментального полигона сельскохозяйственные культуры размещались в основном по зерновым предшественникам, поэтому количество нитратов колебалось незначительно и составило от 19,03 - 23,36 мг/кг



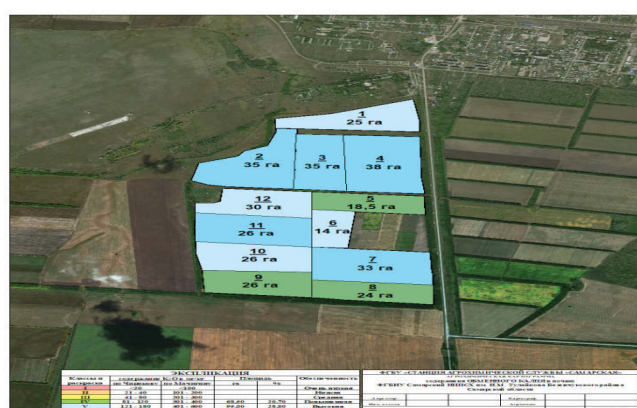


2015 год

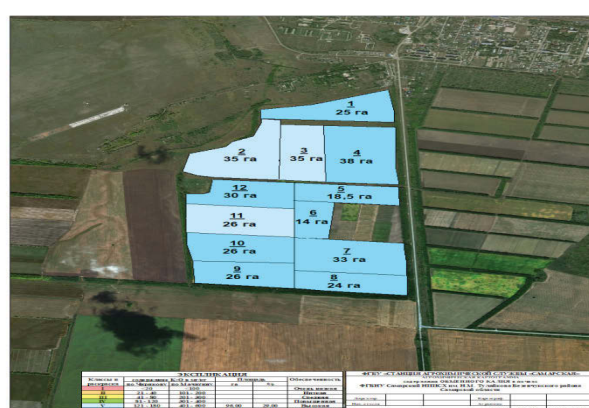


2018 год

Рис. 6 – Электронные картограммы содержания подвижного фосфора на полях экспериментального полигона



2015 год



2018 год

Рис. 7 – Электронные картограммы содержания обменного калия на полях экспериментального полигона

до 33,76 - 44,68 мг/кг почвы.

Хорошие предшественники (горох, соя) на полях № 9 и № 10 обеспечили благоприятный водный режим и повышенное содержание подвижных фосфатов и обменного калия по сравнению с остальными полями полигона. Количество подвижного фосфора на этих полях было больше на 37,0 - 94,0 мг/кг, или 17-60 %, обменного калия – на 52,0 - 120,0 мг/кг, или 23-78 %.

По результатам почвенного обследования текущего года специалистами ФГБУ САС «Самарская» были составлены обновленные электронные картограммы содержания подвижных питательных веществ на полях экспериментального полигона.

Согласно картограммам, в 2018 году по содержанию подвижных фосфатов площадь пашни с высокой степенью обеспеченности (IV класс) составила 130 га, или 39 %, с очень высокой (V класс) – 200,5 га, или 61 % (рис. 6). По содержанию обменного калия площадь пашни с высокой степенью обеспеченности (IV класс)

составила – 96 га, или 29 %, с очень высокой (V класс) – 234,5 га, или 71 % (рис. 6, 7).

По сравнению с предыдущими обследованиями обеспеченность почвы подвижными элементами питания улучшилась.

Если в 2015 году более 70 % площади почв полигона характеризовались повышенным (101-150 мг/кг почвы) содержанием подвижного фосфора, то к настоящему времени более 60 % площади полигона относятся к очень высокой обеспеченности (>200 мг/кг почвы).

Такая же тенденция отмечена по обменному калию. Площади почв с очень высокой обеспеченностью увеличились на 20 %.

При анализе содержания подвижных макроэлементов по 12 полям экспериментального полигона на 9 из них выявлено существенное увеличение фосфатов, связанное с переходом от традиционных технологий к ресурсосберегающим. Изменение содержания обменного калия, вследствие большей подвижности элемента, зависело от биологических особенностей

растений и изменения систем обработки почвы. Однако в среднем по 12 полям наблюдалась аналогичная с фосфатами тенденция улучшения калийного режима почвы.

По результатам фитосанитарного обследования полей полигона перед обработкой гербицидами засоренность посевов яровой твердой пшеницы варьировала от средней до сильной степени засоренности в зависимости от предшественника и способа основной обработки. Поэтому на посевах этой культуры применялись дифференцированные дозы гербицидов в зависимости от засоренности культуры. На посевах, размещенных после гороха с основной обработкой почвы дисковыми орудиями, засоренность по результатам фитосанитарного обследования была средняя (до 50 шт. сорняков на 1 м<sup>2</sup>), поэтому доза применяемого гербицида Секатор Турбо была снижена до средних значений – 75 г/га. На посевах яровой твердой пшеницы после сои без осенней обработки почвы засоренность была сильная (50-100 шт. сорняков на 1 м<sup>2</sup>), тип засоренности: корнеотпрысково-корневищно-малолетний, поэтому доза применяемого гербицида Секатор Турбо была максимальной – 100 г/га.

На остальных полях полигона химическая защита растений проводилась по разработанной технологии возделывания запланированными препаратами при средней степени засоренности.

Совместно с гербицидной обработкой зерновых, зернобобовых и технических культур была проведена обработка соответствующими биологическими препаратами и подкормка комплексным биоактивированным жидким удобрением.

Для расчета урожайности по обеспеченности гумусом, подвижным фосфором и обменным калием были использованы величины выноса элементов питания с урожаем и коэффициенты использования их из почвы.

Уровень расчетной урожайности по полям с различным содержанием гумуса составил: озимой пшеницы – 1,13-4,5 т/га, ячменя – 1,18-4,74 т/га, сои – 0,47-1,88 т/га, гороха – 0,53-2,11 т/га, подсолнечника – 0,55-2,20 т/га.

Агроклиматические условия текущего года были неблагоприятными для яровых зерновых культур. ГТК за май-июнь составил 0,21, что свидетельствует о сильной засухе. Обильные осадки в июле (150% от месячной нормы) оказали положительное влияние только на урожайность подсолнечника.

Основным лимитирующим урожайность фактором стало недостаточное количество осадков в начальный период вегетации яровых культур, что, несмотря на хорошие весенние влагозапасы в почве, обусловило получение низкой урожайности изучаемых сельскохозяйственных культур. Поздние осадки были благоприятны для посевов подсолнечника, что позволило получить урожайность выше среднемноголетней.

В среднем по полям экспериментального полигона урожайность ячменя составила 0,93 т/га, яровой твердой пшеницы – 1,19 т/га, яровой мягкой пшеницы – 1,22 т/га, гороха – 0,5 т/га, сои – 0,65 т/га, подсолнечника – 2,03 т/га.

Сравнение фактически полученной с расчетной урожайностью по обеспеченности питательными веществами в почве свидетельствует о действии ограничивающего продуктивность фактора – сильная засуха в начале вегетационного периода яровых зерновых культур.

По яровым зерновым культурам (пшеница и ячмень) фактическая урожайность составила лишь 30-40% от расчетной.

Урожайность подсолнечника превысила вдвое расчетную по подвижному фосфору и приблизилась к расчетной по обменному калию.

По результатам многолетних исследований наибольшая продуктивность изучаемых сельскохозяйственных культур в пересчете на зерновые единицы была отмечена на полях №6 – 14 га, №10 – 26 га и №11 – 26 га экспериментального полигона.

Данные поля по содержанию гумуса относятся к классу с низким его содержанием, однако по данным агрохимических паспортов черноземные почвы этих полей обладают мощным гумусовым горизонтом, который в благоприятных по увлажнению условиях накапливает больше влаги, а в неблагоприятных – лучше удерживает её.

### **Выводы**

Совместными исследованиями ФГБНУ «Самарский НИИСХ» и ФГБУ САС «Самарская» установлено, что, несмотря на возрастающие потери до 2015 года гумуса и питательных веществ, ухудшение агро- и воднофизических свойств, черноземные почвы тестового полигона имеют относительно высокий потенциал продуктивности. Более 50 % площадей полигона имеет среднее значение гумуса в почве: от 4 до 6 %, около 80 % площадей – высокое содержание подвижных фосфатов: 151-200 мг/кг, около 60% площадей пашни – очень высокое содержа-

ние обменного калия: от 180 до 260 мг/кг.

Применение современных технологий возделывания полевых культур (2015-2018 годы) обеспечило по данным проведенного в 2018 году мониторинга стабилизацию агрофизических и агрохимических свойств почвы.

По результатам совместных исследований подготовлены электронные картограммы содержания питательных веществ в почвах тестового и экспериментального полигонов и агрохимические паспорта полей, получены данные по темпам изменения почвенного плодородия во времени, степени использования питательных веществ почвы и удобрений и нормативы зависимости урожаев от агрохимических свойств почвы и удобрений для создания базы данных по регулированию плодородия почв и продуктивности пашни при применении современных технологий.

#### **Библиографический список**

1. Сергеев, К. Региональный форум ФАО в России / К. Сергеев // Ресурсосберегающее земледелие. – 2018. – № 38 (02). – С. 5-8.
2. Жученко, А.А. Фундаментальные и прикладные научные приоритеты адаптивной интенсификации растениеводства в XXI веке / А.А. Жученко. – Саратов, 2000. – 275 с.
3. Особенности разработки координатного земледелия для условий Саратовской области: сборник научных трудов / И.Ф. Медведев, А.А. Вайгант, Д.И. Губарев, Л.В. Андреева. – Саратов, 2009. – С. 219-226.
4. Немцев, С.Н. Методические аспекты формирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия / С.Н. Немцев // Инновационные технологии адаптивно-ландшафтных систем земледелия: сборник докладов международной научно-практической конференции ФГБНУ «Владимирский НИИСХ». – Суздаль, 2015. – С. 18-27.
5. Якушев, В.П. Геоинформационное обеспечение прецизионных экспериментов в земледелии / В.П. Якушев, А.В. Конев, В.В. Якушев // Информационная и космическая геодезия. – 2015. – № 3. – С. 96-101.
6. Якушев, В.В. Точное земледелие: теория и практика: монография / В.В. Якушев. – Санкт-Петербург, 2016. – 364 с.
7. Горянин, О.И. Оптимизация минерального питания озимой пшеницы в технологиях точного земледелия / О.И. Горянин, А.П. Чичкин, Б.Ж. Джангабаев // Известия Самарской ГСХА. – 2014. – № 4. – С.27-31.
8. Джангабаев, Б.Ж. Урожайность сельскохозяйственных культур тестового полигона на черноземах обыкновенных Самарского Поволжья / Б.Ж. Джангабаев // Экология, ресурсосбережение и адаптивная селекция: сборник докладов 2-й Всероссийской научно-практической интернет-конференции молодых ученых и специалистов с международным участием. – Саратов, 2018. – С. 218-222.
9. Медведев, И.Ф. ГИС - технологии при почвенно-агрохимическом обследовании почв Саратовской области / И.Ф. Медведев, А.А. Вайгант // Плодородие. – 2007. - № 2(53). – С.19-21.
10. Обущенко, С.В. Мониторинг земель сельскохозяйственного назначения Самарской области (на примере Безенчукского района) / С.В. Обущенко, А.П. Чичкин // Проблемы адаптивной интенсификации земледелия в Среднем Поволжье. - Самара: СамНЦ РАН, 2012. - С. 145-151.
11. Агрохимические методы исследования почв / Под редакцией Соколова. - М.: Наука, 1975. – 656 с.
12. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
13. Инструкция по методике отбора проб и анализов почвы и растений. В 2 частях. – Безенчук, 1971. – 36 с.
14. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – 240 с.

# APPLICATION OF GIS IN THE STUDY OF MODERN TECHNOLOGIES OF CROP CULTIVATION ON THE TYPICAL BLACK SOIL OF THE TRANS-VOLGA REGION

**Dzhangabaev B.Zh., Goryanin O.I., Shcherbinina E.V.**

**Federal State Budgetary Institution "Samara Research Institute of Agriculture named after N.M. Tulaykova  
446254, Samara region, Bezenchuk v., Karl Marx st., 41; tel: (84676) 2-11-40, e-mail: samniish@mail.ru**

*Keywords: GIS, resource-saving technologies, monitoring, effective fertility.*

*When examining the fields of the test site on the typical black soil of Samara region, changes of the agrochemical properties of the soil, plant growth and development over time and under the influence of modern resource-saving cultivation technologies were noted in the long-term stationary experiments at Samara Research Institute and on the areas of Federal State Institution "Station of Agrochemical Service" Samara ". Joint studies have established that, despite the increasing losses of humus and nutrients until 2015, the deterioration of agro- and water-physical properties, black soils of the test site have a relatively high productivity potential. More than 50% of the areas have an average value of humus in the soil: from 4 to 6%, about 80% of the area - high content of mobile phosphates: 151-200 mg / kg, about 60% of arable land - very high content of exchangeable potassium: from 180 to 260 mg / kg. The monitoring conducted in 2018 revealed the stabilization of the agrophysical and agrochemical properties of the soil. The transition from traditional to resource-saving technologies has provided a significant increase of phosphates on 9 of the 12 fields and the potassium regime of the soil. Based on the results of studies, electronic charts of nutrient content in the soil of the test site and agrochemical field passports were prepared, data on the rate of change of soil fertility over time, the degree of utilization of soil nutrients and fertilizers, and standards for dependence of crops on the agrochemical properties of soil and fertilizers to create a database of soil fertility regulation and arable land productivity were obtained.*

## *Bibliography*

1. Sergeev, K. Regional Forum of FAO in Russia / K. Sergeev // *Resource-saving agriculture*. - 2018. - № 38 (02). - P. 5-8.
2. Zhuchenko, A.A. Fundamental and applied scientific priorities of adaptive intensification of crop production in the 21st century / A.A. Zhuchenko. - Saratov, 2000. - 275 p.
3. Features of development of coordinate farming for the conditions of Saratov region: a collection of scientific works / I.F. Medvedev, A.A. Vaigant, D.I. Gubarev, L.V. Andreeva. - Saratov, 2009. - P. 219-226.
4. Nemtsev, S.N. Methodical aspects of the formation of adaptive-landscape farming systems / S.N. Nemtsev // *Innovative technologies of adaptive-landscape farming systems: a collection of reports of the international scientific-practical conference FSBI "Vladimirsky Research Institute of Agriculture"*. - Suzdal, 2015. - P. 18-27.
5. Yakushev, V.P. Geoinformational support of precision experiments in agriculture / V.P. Yakushev, A.V. Konev, V.V. Yakushev // *Information and space*. - 2015. - № 3. - P. 96-101.
6. Yakushev, V.V. Precision farming: theory and practice: monograph / V.V. Yakushev. - St. Petersburg, 2016. - 364 p.
7. Goryanin, O.I. Improvement of mineral nutrition of winter wheat in precision farming technologies / O.I. Goryanin, A.P. Chichkin, B.Zh. Dzhangabaev // *Izvestiya of Samara State Agricultural Academy*. - 2014. - № 4. - P.27-31.
8. Dzhangabaev, B.Zh. Crop yield of the test site on the black soil of Samara Trans-Volga region / B.Zh. Dzhangabaev // *Ecology, resource saving and adaptive selection: collection of reports of the 2nd All-Russian Scientific and Practical Internet Conference of Young Scientists and Specialists with International Participation*. - Saratov, 2018. - P. 218-222.
9. Medvedev, I.F. GIS - technology for soil-agrochemical examination of the soil of Saratov region / I.F. Medvedev, A.A. Vaigant // *Fertility*. - 2007. - № 2 (53). - P.19-21.
10. Obushchenko, S.V. Monitoring of agricultural lands of Samara region (on the example of Bezenchuksky district) / S.V. Obushchenko, A.P. Chichkin // *Problems of adaptive intensification of agriculture in the Middle Volga*. - Samara: SamSC RAS, 2012. - P. 145-151.
11. Agrochemical methods of soil research / Edited by Sokolov. - M.: Science, 1975. - 656 p.
12. Dospekhov, B.A. Methods of field trial / B.A. Dospekhov - M.: Agropromizdat, 1985. - 351 p.
13. Instructions on the method of sampling and analysis of soil and plants. In 2 parts. - Bezenchuk, 1971. - 36 p.
14. Guidelines for integrated monitoring of soil fertility of agricultural land. - M.: FSSI "Rosinformagrotekh", 2003. - 240 p.