

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ АГРОХИМИЧЕСКОГО
ОБСЛЕДОВАНИЯ ПОЧВ НА НАЛИЧИЕ ПОДВИЖНОГО ФОСФОРА В
ТЕХНОЛОГИЯХ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

В.А. ЧУЛКОВ, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,

Уральский государственный аграрный университет

(620075, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42)

Ю.О.Крутиков, ведущий агрохимик отдела мониторинга плодородия почв
земель сельхозназначения

ФГБУ ГЦАС «Свердловский»

(620144, г. Екатеринбург, ул. Фурманова, 109)

***Ключевые слова:** точное земледелие, дифференцированное внесение удобрений, электронные карты полей, агрохимические показатели почвы.*

Система точного земледелия позволяет рационально использовать минеральные удобрения при их распределении по полю и более бережно относиться к окружающей среде. Организация ФГБУ государственный центр агрохимической службы «Свердловский» проводят отборы почвенных образцов по полям Свердловской области согласно утверждённой методике. Отбор проводится на каждом выбранном поле в отдельности, по растрам площадью в 8-10 га. Отобранные почвенные образцы передаются в аналитическую лабораторию, где определяют содержание тех или иных элементов минерального питания. В результате накапливается информация о содержании на полях данных элементов. Возникают вопросы по поводу возможности использования результатов определения подвижного фосфора полученных агрохимслужбой тем или иным хозяйством Свердловской области, применяющим дифференцированное внесение удобрений, без дополнительных обследований полей. В чем будет состоять преимущества использования технологий дифференцированное внесение удобрений по сравнению с традиционным - равномерным внесением? Результаты исследований показали, что полученные данные по отбору почвенных образцов соответствуют требованиям и могут использоваться в сельскохозяйственных предприятиях применяющих технологии дифференцированного внесения удобрений. Исследования показали, что при использовании дифференцированного подхода по внесению фосфоритной муки на площади 91 га возможно экономия её почти на 80 тонн, чем при равномерном её внесении.

**PRACTICAL APPLICATION OF DATA OF AGROCHEMICAL EXAMINATION OF
SOILS ON THE AVAILABILITY OF MOBILE PHOSPHORUS IN TECHNOLOGIES OF
PRECISIONAL AGRICULTURE**

V.A. CHULKOV, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,

Ural State Agrarian University

(620075, Yekaterinburg, K. Libknecht St., 42)

Yu.O. Krutikov, a leading agrochemist of the Department of Soil Fertility Monitoring of Agricultural Lands

FSBU GCAS "Sverdlovskiy"

(620144, Ekaterinburg, Furmanov str., 109)

Keywords: precision farming, differential fertilization, electronic maps of fields, agrochemical indicators of the soil.

The system of precision farming allows the rational use of mineral fertilizers in their distribution over the field and is more careful with the environment. The organization of the FGBU state center of the agrochemical service "Sverdlovsk" carries out the selection of soil samples in the fields of the Sverdlovsk region in accordance with the approved methodology. The selection is carried out on each selected field separately, on rasters with an area of 8-10 hectares. Selected soil samples are transferred to the analytical laboratory, where they determine the content of certain elements of mineral nutrition. As a result, information is accumulated on the content in the fields of these elements. There are questions about the possibility of using the results of the determination of mobile phosphorus obtained by the agro-chemical service of this or that farm of the Sverdlovsk region, using differential fertilizer application, without additional field surveys. What will be the benefits of using technology differentiated fertilizer compared with the traditional - uniform application? The research results showed that the data obtained on the selection of soil samples meet the requirements and can be used in agricultural enterprises applying the technology of differential fertilization. Studies have shown that when using a differentiated approach to the introduction of phosphate rock on an area of 91 hectares, it is possible to save almost 80 tons than if it is evenly distributed.

Положительная рецензия представлена Г.В.Вяткиной, кандидатом сельскохозяйственных наук, ФГБНУ Урфаниц УРО РАН

Развитие нового направления – дифференцированное внесение удобрений позволяет более рационально использовать минеральные удобрения, а так же повышать урожайность и качество продукции [2]. Точное земледелие рассматривается как неотъемлемая часть ресурсосберегающего экологического сельского хозяйства, которое подразумевает применение интегрированной системы управления, а не отдельных ее разрозненных элементов, и открывает перед производителями новые возможности, особенно в плане обеспечения условий для получения большего количества экологически безопасных продуктов растениеводства. [10]. В системе точного земледелия, использование режима off-

line предполагает отбор образцов почвы с дискретных площадей поля на проведение агрохимического анализа [1]. На основе агрохимического обследования составляется картограмма обеспеченности почвы основными элементами питания с точной географической привязкой. Затем рассчитывают дозы удобрений на планируемую урожайность культуры. Каждому обследуемому растру поля соответствует своя доза удобрений. В результате происходит выравнивание почвенного плодородия и создание оптимальных условий для выращивания на всей площади поля. Дозы удобрений для каждого обследуемого участка представлены картой-заданием. Удобрения вносят только на те участки на которых наблюдается недостаток элементов питания. При этом экономия удобрений по сравнению с равномерным внесением может достигать 30 % [2]. В исследованиях Московского НИИ сельского хозяйства «Немчиновка» было установлен коэффициент вариации содержания основных питательных веществ в почве, который составлял более 20 % [4]. Пространственная вариабельность почвы в 2013 г. сохранялась от посева до кущения яровой пшеницы на одном уровне, а в 2014 г. – увеличилась только на 5,7%. Внесение аммиачной селитры при посеве усредненной нормой повышало вариабельность содержания нитратного азота по элементарным участкам от посева к фазе кущения в 2013 г. на 17,5%, [1]. Применение приема дифференцированной окультуривающей химической мелиорации на фоне высокой пестроты почвенного плодородия позволит в четыре-пять раз сократить использование на одном контуре высокотехнологичного и дорогостоящего прецизионного оборудования [9]. Кроме того, на фоне обоснованного внесения удобрений можно будет снизить затраты на агрохимическое обследование за счет постепенного увеличения площади элементарного участка отбора среднего образца (до 4-7 га) и сократить сроки проведения обследований до одного раза в ротацию севооборота (6-8 лет) [10]. Общие преимущества прецизионных технологий применения известковых мелиорантов и основного минерального удобрения состоят в снижении уровня средних доз удобрений (по результатам первых исследований на окультуренных дерново-слабоподзолистых почвах - в среднем на 16-29 % по отдельным видам удобрений и до 70 % - на отдельных участках поля) и повышении отдачи от удобрений на 17-30 %. Но самое важное преимущество - необычно быстрое уменьшение пространственной неоднородности важнейших физико-химических и агрохимических свойств почвы [11]. На фоне неравномерного внесения туков в границах одного контура, на расстоянии нескольких десятков метров друг от друга, зачастую соседствуют участки с содержанием гумуса от 1,70 до 7,54 %, подвижных соединений фосфора и калия - от 76 до 580 мг/кг, pH_{KCl} - от 4,30 до 6,90, гидролитической кислотностью - от 0,84 до 4,82 мг-экв. и суммы обменных оснований - от 6,0 до 26,4 мг-зкв. на 100 г почвы. Достичь нормативной окупаемости удобрений в таких условиях без технологии точного земледелия практически невозможно [9]. Фосфоритная мука лучшим образом усваивается растениями кислых [почвах](#) в которых фосфат кальция постепенно переходит в доступный растениям дигидрофосфат. Фосфоритование проводится на низкообеспеченных фосфором почвах и дает высокий эффект в повышении урожая сельскохозяйственных культур в течение 5-7 лет. Дифференцированное внесение удобрений например на планируемую урожайность 3,0 т/га в режиме «off line» позволяет лучшим образом выровнять пестроту почвенного плодородия. Удобрения вносят только на те участки на которых наблюдается недостаток элементов питания [3].

В сельском хозяйстве Свердловской области все более широкое применение находят системы спутникового мониторинга транспортных средств, системы навигации при обработке посевов, посадок картофеля, овощей и внесении удобрений. В Ирбитском районе за 2014 -2018 годы было внесено различными сельскохозяйственными предприятиями от 39,7 до 45,0 кг/га минеральных удобрений в действующем веществе, а урожайность зерновых в хозяйствах достигала уровня 47,3 ц/га [8]. Согласно методическим указаниям [7], при отсутствии соответствующей информации о почвах обследуемых земельных участках сельскохозяйственных предприятий, их определяют государственные центры агрохимической службы и другие учреждения. С целью систематизации результатов агрохимического обследования почв создают картотеку результатов обследования почв хозяйств всех категорий. Организация ФГБУ государственный центр агрохимической службы «Свердловский» может по заявке сельскохозяйственных предприятий проводить отбор и анализ почв.

Для того чтобы сопоставить возможность применения данных картотеки результатов обследования агрохимической службы для использования в системе точного земледелия, необходимо решить ряд вопросов. С какой площади элементарного участка происходит отбор почвенных образцов? Какое количество уколов буром производится для набора объединённой пробы почвы на элементарном участке? Какова схема движения при отборе образцов почвы? Если данные условия удовлетворяют требованиям для поля с данной характеристикой, то данные эти можно использовать для проведения дифференцированного внесения удобрений.

Цель и методика исследований. Цель исследования – оценить возможность применения агрохимических показателей для технологии дифференцированного внесения удобрений. В задачи исследований входило: изучение способов отбора почвенных образцов, применяемых организацией ФГБУ государственный центр агрохимической службы «Свердловский» и выявление преимуществ от применения технологии дифференцированного внесения удобрений.

Отбор почвенных образцов проводили на пахотных землях Ирбитского района, Свердловской области. Для обследований полей агрохимическая служба использовала программу SAS.Planet, предназначенную для просмотра и загрузки спутниковых снимков высокого разрешения и обычных карт, представляемых сервисом, **Google Earth**; для оцифровки используют программу ArcGis (ArcMap).

Агрохимические показатели почвы на полях, при равномерном внесении фосфоритной муки в динамике, показаны в таблице 1. Типы почв по полям: № 17 - темно-серая лесная; № 19 - серая лесная; № 38 темно-серая лесная; № 234 - серая лесная. Исследуемые поля, агрохимической службой с помощью программы ArcGis, были разбиты на элементарные участки площадью по 8-10 га. В 2014 г. на данных полях была внесена фосфоритная мука (содержание P_2O_5 – 20%) в расчетных дозах (табл. 1). Спустя 4 года, в 2018 г. был проведен агрохимический анализ показателей почвы по элементарные участки каждого поля. С помощью программы, зная координаты точного местонахождения, отбирали образцы почв по элементарным участкам.

Отбор объединенных проб почвы проводили по элементарным участкам. Согласно методике [7] с каждого элементарного участка отбирали одну объединенную пробу почвы массой не менее 300 г. В отборе – визуально и по GPS навигатору равномерно набирали почвенные пробы по длине, придерживаясь середины маршрутного хода на каждом поле (рис. 2). Учитывая неоднородность сложения почвенного профиля, каждая объединенная почвенная проба в зоне серых лесных почв – состояла не менее чем из 30 точечных проб. На пахотных почвах точечные пробы почвы отбирали на глубину пахотного слоя до 30 см. Для отбора почвы применялся тростевой бур БП-25-15. Объединенной пробе почвы каждого элементарного участка присваивали порядковый номер участка. Детальное исследование проводилось поле № 17 площадью 91 га (таблица 1).

Результаты исследований. Для составления электронной карты поля провели отбор почвенных образцов, согласно цели и методике исследований. Для отбора почвенных образцов использовали «Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения» [7]. Данную методику применяют и при отборе образцов почвы при отборе почвенных образцов почвы в системе точного земледелия. Таким образом, Агрохимической службой обеспечивалась репрезентативность данных образцов почвы для объективного анализа на содержание подвижных форм фосфора. После отбора образцов почвы, проводили агрохимический анализ образцов почвы на содержание подвижных форм фосфора проводили в областной агрохимической лаборатории ФГБУ ГЦАС «Свердловский». При этом были выявлены закономерности пространственного распределения питательных элементов почвы по всему полю, после чего построены электронные карты и картограммы, в которых отражен информационный слой данных одинакового уровня по содержанию подвижного фосфора в пространстве поля (рис.2). В результате статистической обработки данных агрохимического обследования были получены оценки средних величин показателей подвижного фосфора и других показателей в динамике; рассчитаны общая потребность удобрений. Спустя 4 года после внесения фосфоритной муки все агрохимические показатели возросли (табл. 1).

Таблица 1

Агрохимические показатели почвы на полях в динамике

Table 1

Agrochemical parameters of soil on fields in dynamics

Но- мер поля But- Mer	Пло- щад ь поля га	Сумма погло- щенных основа- ний,	Содержани е подвижног о фосфора, P ₂ O ₅ , мг/100г.	Гидроли- титическая кислотност ь мг-экв/100 г.	Сумма Поглощен- ных оснований, мг-экв/100 г.	Требуется удобрений Fertilizer required
-----------------------------------	--------------------------------	--	--	---	---	--

margin	Field area ha	мг-экв /100 г. Amount absorbed basis- NII, mg-EQ /100 g.		The content of mobile phosphorus P2O5, mg/100g.		Hydrolytic acidity mg-EQ / 100 g.		Amount Absorbed bases, mg-EQ / 100 g.				
		2014	2018	2014	2018	2014	2018	2014	2018	P2O5, кг д.в/га P2O5, kg d / ha	Фосфоритной муки в физическом весе, т Phosphate rock in physical weight, t	
											на 1 га Dar in Fitna 1 ha	на всю площадь Dar in Fitna the entire area
17	91	82,2	85,6	28	98	3,8	4,5	17,5	26,8	300	1,5	136,5
19	40	78,1	85,6	21	132	4,3	2,9	15,3	17,2	400	2,0	80,0
38	71	77,0	85,8	26	114	6,8	4,1	22,8	24,7	300	1,5	106,5
234	43	78,4	83,9	31	146	5,5	4,1	20,0	21,4	300	1,5	64,5
Vcero Dar in fisseha	245										6,5	387,5

Для сравнения преимущества применения технологии точного земледелия были рассмотрены два варианта использования фосфорной муки на поле № 17. Первый вариант - удобрения вносятся равномерно на всё поле, исходя из средних показателей по обеспеченности поля подвижным фосфором. На исследуемом поле, площадью 91га потребовалось 136,5 т фосфоритной муки (рис. 1).

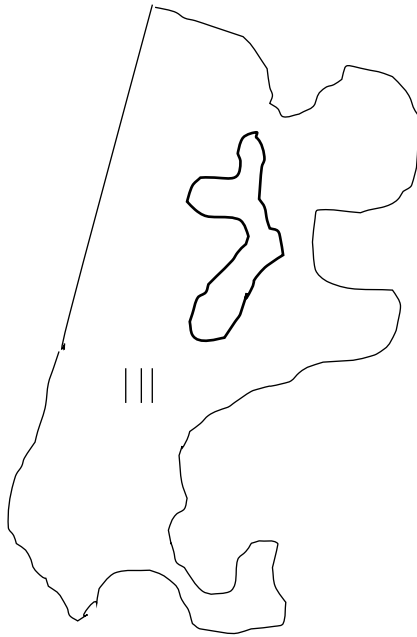
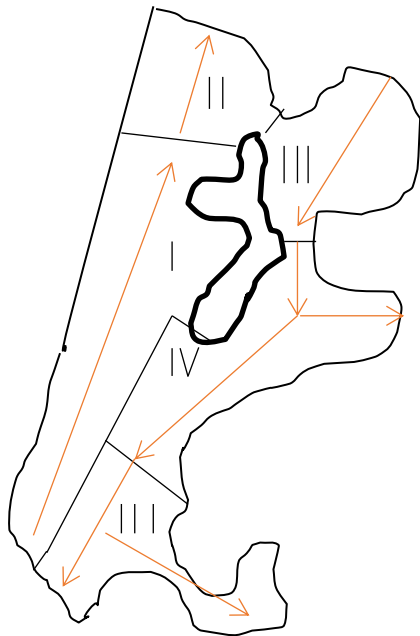


Рис. 1 Схема равномерного внесения фосфорных удобрений на всё поле из расчета средней обеспеченности почвы фосфором от 51 до 100 мг/кг почвы

figure 1 Scheme of uniform application of phosphorus fertilizers on the whole field based on the average soil phosphorus supply from 51 to 100 mg / kg of soil

Второй вариант – поле разбивается на участки с помощью программы ArcGis согласно содержания подвижных форм фосфора по данным обследования элементарных участков (рис. 2). На картограмме по содержанию подвижного фосфора выделено 4 участка с различным его содержанием. На каждом элементарном участке проводится отдельный анализ на содержание подвижных форм фосфора с помощью GPS навигатора. В итоге составляются электронные агрохимические картограммы. В данном варианте, на участки поля где содержание подвижного фосфора было высоким (10 га – 33 кг д.в. или 5,44 т /га) или повышенным (37 га – 122 кг д.в. или 74,42 т/га) фосфоритную муку вносить не предусматривалось.



Примечание. —→ направление маршрута движения при отборе образцов почвы

Note. —→ the direction of the route in the selection of soil samples

Рис. 2 Схема дифференцированного внесения фосфорных удобрений с учетом неоднородности поля по содержанию подвижных форм фосфора

Figure 2 Scheme of differentiated application of phosphorus fertilizers taking into account the heterogeneity of the field in the content of mobile forms of phosphorus

I – обеспеченность почв фосфором повышенная от 101 до 150 мг/кг почвы; площадь элементарного участка 37 га.

II – обеспеченность почв фосфором высокая – от 151 до 250 мг/кг почвы; площадь элементарного участка 10 га.

III - обеспеченность почв фосфором средняя от 51 до 100 мг/кг почвы; площадь элементарного участка 25 га.

IV - обеспеченность почв фосфором низкая от 26 до 50 мг/кг почвы; площадь элементарного участка 19 га

В итоге при рациональном перераспределении фосфоритной муки по элементарным участкам с использованием дифференцированного подхода потребовалось удобрений всего 56,64 тонны (136,5 - 5,44-74,42), вместо 136,5 тонны (табл.1).

Выводы и рекомендации. Исследования позволили выявить значительные пространственные различия агрохимических показателей плодородия темно-серой лесной почвы

на пашне в условиях Ирбитского района. Данные полученные в результате отбора почвенных образцов, применяемых организацией ФГБУ государственный центр агрохимической службы «Свердловский» вполне репрезентативны и соответствуют тому что бы их использовать в дифференцированных технологиях внесения удобрений. В итоге, при рациональном перераспределении фосфоритной муки по элементарным участкам с использованием дифференцированного подхода на поле № 17 потребуется почти на 80 тонн удобрений меньше, чем в случае равномерного распределения фосфоритной муки исходя из средних показателей содержания подвижных форм фосфора на данном поле. При аналогичном подходе к другим обследуемым полям эффект от общей экономии удобрений увеличивается.

Литература

1. Абрамов Н.В. Земледелие с использованием космических систем// Земледелие. – 2015. - № 6 – С.13-18
- 2.Афанасьев Р.А., Ермолов И.Л. О перспективах роботизации точного земледелия//Мехатроника, автоматизация, управление, 2016, Том 17, - № 12 - С. 828-832
- 3.Воропаев В.В., Лекомцев П.В., Петрушин А.Ф., Слинчук С.Г., Якушев В.В., Якушев В.П. Урожайность и качество яровой пшеницы при использовании технологии точного земледелия // Труды Всероссийской конференции с международным участием «Продукционный процесс растений: теория и практика эффективного ресурсосберегающего управления». СПб., АФИ. - 2009. - С. 139-141.
4. Егоров В.Г., Измайлов А.Ю., Леонова Е.В., Личман Г.И. Внедрение точного земледелия в зерновом хозяйстве Центрального Нечерноземья //Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2014. - № 3 – С. 15-19
- 5.Ерёмин Д.И., Кибук Ю.П. Дифференцированное внесение удобрений как инновационный подход в системе точного земледелия. Государственный аграрный университет Северного Зауралья. Вестник Красноярского государственного аграрного университета. Красноярск. – 2017. - № 8 - С.17-26
- 6.Зеленин А.Н., Юсупов М.Л.–автоматизация вождения сельскохозяйственных машин для обработки почвы, посева, ухода за растениями и уборки: монография. Екатеринбург: Уральский ГАУ. - 2014.- С. 149
- 7.Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. Всероссийский НИИ агрохимии. 2003 г. М.,115 с.
- 8.Ирбитское управление АПКИП//Нива Урала. Специальный выпуск ко Дню работника сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности Свердловской области. – 2018. - С.78.
- 9.Якушев В.П., Лекомцев П.В., Петрушин А.Ф. Точное земледелие: опыт применения и потенциал развития// Информация и Космос. – 2014. № 3 – С.32-38
- 10.Якушев В.В. Информационные технологические основы прецизионного производства растениеводческой продукции: автореф.дис. ...д-ра с.-х. наук. СПб, 2013.С.8-9.

11. Якушев В.П., Буре В.М., Якушев В.В. Стохастическое моделирование в земледелии // Агрофизика. - 2011. - № 1 - С. 5-13.

References

1. Abramov N. In. Agriculture using space systems // Agriculture. - 2015. - № 6 – p. 13-18
2. Afanasyev R. A., Ermolov I. L. on the prospects of robotics precision agriculture // mechatronics, automation, management, 2016, Volume 17, - № 12-P. 828-832
3. Voropaev V. V., Iekomtsev P. V., Petrushin A. F., Slinchuk S. G., Yakushev V. V., Yakushev V. P. yield And quality of spring wheat using the technology of precision agriculture // Proceedings of the all-Russian conference with international participation "plant Production process: theory and practice of effective resource-saving management". SPb., AFI. - 2009. - Pp. 139-141.
4. Egorov V. G., Izmailov A. Yu., Leonova E. V., lichman G. I. introduction of precision agriculture in the grain sector Of the Central non-Chernozem region // Agricultural machines and technologies. - 2014. - № 3-P. 15-19
5. Eremin D. I., Kibuk Yu. P. Differentiated application of fertilizers as an innovative approach in the system of precision agriculture. State agrarian University of Northern TRANS-Urals. Bulletin of Krasnoyarsk state agrarian University. Krasnoyarsk. - 2017. - № 8 - p. 17-26
6. Zelenin, A. N., Yusupov M. L.- automation of driving agricultural machines for tillage, sowing, plant care and harvesting: monograph. Ekaterinburg: Ural state agricultural UNIVERSITY. - 2014.- P. 149 .
7. Methodical instructions on carrying out complex monitoring of soil fertility of agricultural lands. All-Russian research Institute of Agrochemistry. 2003 M., 115 p.
8. Irbitskiy management Epcip//Niva of the Urals. Special issue for the day of the worker of agriculture and processing industry of Sverdlovsk region. - 2018. - P. 78.
9. Yakushev V. P., Iekomtsev P. V., Petrushin A. F. Precision agriculture: application experience and development potential// Information and Space. - 2014. № 3-P. 32-38
10. Yakushev V. V. Information technological bases of precision production of crop production: autoref. dis. ... Dr. S. H. Sciences. SPb, 2013. C. 8-9.
11. Yakushev V. P., Bure V. M., Yakushev V. V. Stochastic modeling in agriculture // Agrophysics. - 2011. - № 1-P. 5-13.