



ОПТИМАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗНОРАЗМЕРНЫХ ТЕСТОВЫХ УЧАСТКОВ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОЛЯХ, ГЕТЕРОГЕННО ЗАГРЯЗНЕННЫХ АЗОТНЫМИ И ФОСФОРНЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ

АЛИЕВА Севда Салман гызы, Национальное аэрокосмическое агентство Азербайджана

Сформирована и решена задача определения оптимального порядка размещения разноразмерных тестовых участков на сельскохозяйственных полях, загрязненных азотными и фосфорными соединениями. При этом оптимальность результатов проводимого тестирования определяется на основе выбранного информационного критерия, определяемого интегральным количеством информации, получаемой при тестировании. В качестве исходного положения используется известный эмпирический порядок определения количества точек замера в зависимости от размеров исследуемого участка. На основе решения задачи безусловной вариационной оптимизации определена оптимальная взаимосвязь между величинами тестируемого участка, измеряемого сигнала и количеством замеров. Предложена методика распределения разноразмерных тестовых участков на полях, гетерогенно загрязненных в разной степени азотными и фосфорными соединениями, согласно которой при организации тестовых участков для достижения высокой степени эффективности тестирования, на сильно загрязненных полях должны быть организованы более крупные тестовые поля, где должно быть проведено большее число тестовых замеров.

Плодородные сельскохозяйственные поля часто загрязнены избыточными азотными и фосфорными соединениями [1-3]. Согласно [6], фосфор в почве существует в органической и неорганической формах. Во многих типах почвы 50–70 % фосфора существует в неорганической форме. Как указано в [8], источниками наличия азота в почве являются неорганические удобрения; атмосферные осадки; посадочные семена; симбиотичная биологическая фиксация; несимбиотичная биологическая фиксация.

При этом удаление азота с почвы происходит путем удаления зерен; дренажных операций; улетучивания удобрений; денитрификации.

Согласно [5], тестирование почвы является физико-химическим методом диагностики земли, целью которого является оценка степени наличия в земле различных питательных веществ, а также степени плодородности почвы. Другой важной целью тестирования почвы является определение степени потребности земли в удобрениях. Согласно [5], тестирование почвы включает в себя выборку, анализ, интерпретацию, рекомендации. Важным вопросом является взятие репрезентативной выборки. Однако, из-за гетерогенности свойств почвы, существует сильная изменчивость свойств почвы в пространстве, и требование обеспечения репрезентативности выборки часто не соблюдается.

Согласно [7], рекомендуются следующие правила взятия проб и замеров почвы при тестовом

исследовании степени загрязнения земли азотом и фосфором:

- 1) образцы следует брать с верхнего слоя почвы толщиной 15 см в садовых участках или 5 см в других земельных участках;
- 2) следует брать композитный образец пробы, смешав образцы из 5–10 точек;
- 3) в каждом тестовом участке следует взять не менее 3 композитных проб;
- 4) большие земельные участки (свыше 30×30 м) следует разделить на малые тестируемые участки.

Однако к настоящему времени отсутствуют практические рекомендации по вопросу оптимального выбора размеров тестовых участков и количества замеров в таких участках в зависимости от степени загрязнения контролируемых участков при использовании информационного критерия оптимизации.

Целью работы является решение вопроса об оптимальном выборе показателей тестирования множества сельскохозяйственных полей, загрязненных в разной степени.

Задачами исследования являются определение оптимального порядка распределения планируемых разноразмерных тестовых участков по сельскохозяйственным участкам, загрязненным в разной степени, а также определение оптимального порядка выбора количества замеров в зависимости от степени загрязненности участков.

Согласно результатам экспериментальных

исследований, проведенных в [6], при проведении тестирования почвы на степень загрязнения фосфором следует учесть неравномерное распределение фосфора по глубине (рис. 1).

Как видно из графиков, приведенных на рис. 1, при осуществлении тестовых замеров следует учесть сильную неравномерность концентрации Р в почве по глубине в зависимости от внесенных удобрений.

В [5] даны практические рекомендации по выбору количества замеров в зависимости от размера тестируемых участков. Число точек, взятых для композитной выборки, зависит от площади тестовых участков следующим образом: с тестового участка с площадью 8 га следует взять пробы из 20 точек; 4 га – 15 точек; 2 га – 10 точек (рис. 2).

Рассмотрим вопрос об определении оптимальной взаимосвязи между такими параметрами, как величина измерительного сигнала с одной точки замера количества точек замеров и размер тестового участка. Считаем, что имеем следующие исходно заданные ограничительные условия: 1) ограничение на суммарную величину измерительных сигналов, получаемых при тестировании полей; 2) результаты замеров на тестовых участках не коррелированы. При этом первое ограничение связано с техническими возможностями используемой аппаратуры, а второе ограничение связано с проблемой репрезентативности результатов замеров. Допустим, что имеем множество тестовых участков

$$S = \{S_i\}; i = 1, n.$$

В каждом из тестовых участков S_i осуществляются N_i количество замеров, т.е. $N_i = f(S_i)$.

Количество информации при одном замере определяется как

$$M_1 = \log_2 \frac{U_m(S)}{\Delta v}, \quad (1)$$

где $U_m(S)$ – зависимость максимального сигнала замера от величины тестового участка, а дельта в знаменателе под логарифмом является квантом сигнала. Количество информации при N_i замерах равно

$$M(N_i) = f(S_i) \log_2 \frac{U_m(S_i)}{\Delta v}. \quad (2)$$

Интегрируя (2) по всем S_i , получим

$$M_{\Sigma} = \int_0^{S_m} f(S) \log_2 \frac{U_m(S)}{\Delta v} dS. \quad (3)$$

Рассмотрим следующее ограничение, задаваемое на $U_m(S)$:

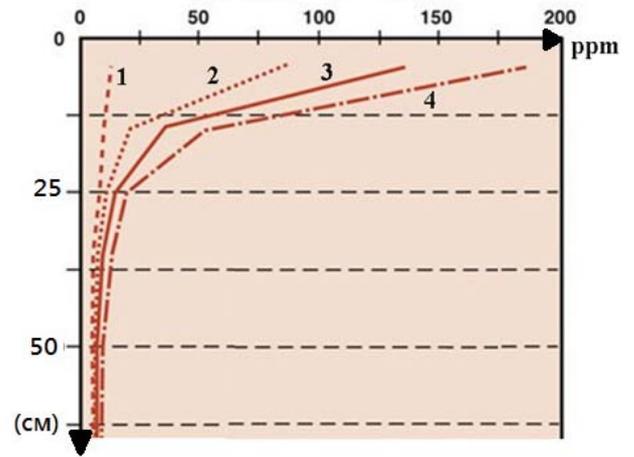


Рис. 1. Зависимость концентрации Р (ppm) от глубины замера и внесенного удобрения в течение последних 10 лет [4]: 1 – удобрения отсутствуют; 2 – 45 кг/га/год; 3 – 101 кг/га/год; 4 – 123 кг/га/год

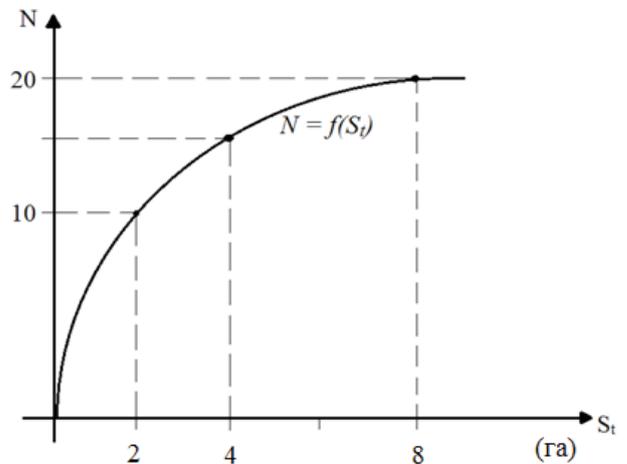


Рис. 2. Зависимость количества точек замера от площади тестового участка

$$M[U_m(S)] = \int_0^{S_m} U_m(S) dS = C_1; \quad (4)$$

$$C_1 = \text{const}.$$

Смысл ограничения (4) заключается в том, что площади треугольников AOS_0 ; OBS_0 ; OCS_0 ; ODS_0 AOD ; AS_1D ; AS_2D ; AS_0D , характеризующих возможные изменения функции $U_m(S)$, равны между собой (рис. 3).

Следовательно, класс возможных функций $U_m(S)$ ограничивается следующими функциями:

- 1) монотонно (прямолинейно) растущие функции (линия OD на рис. 3);
- 2) монотонно убывающие функции (линия AS_0 на рис. 3);
- 3) кусочно-монотонные функции, т.е.
 - 3.1) растущие в интервале $(0 - S_1)$, убывающие в интервале $(S_1 - S_m)$;





3.2) убывающие в интервале $(0 - S_1)$, растущие в интервале $(S_1 - S_m)$;

3.3) растущая в интервале $(0 - S_2)$, убывающая в $(S_2 - S_0)$;

3.4) убывающая в интервале $(0 - S_2)$, растущая в $(S_2 - S_0)$.

С учетом выражений (3) и (4) составляем уравнение безусловной вариационной оптимизации

$$M_{\Sigma} + \lambda M[U_m(S)] = \int_0^{S_m} f(S) \log_2 \times \frac{U_m(S)}{\Delta v} dS + \lambda \left[\int_0^{S_m} U_m(S) dS - C_1 \right], \quad (5)$$

где λ – множитель Лагранжа. Согласно правилу Эйлера оптимальная функция $U_m(S)$ может быть вычислена из условия [8]:

$$\frac{d \left\{ f(S) \log_2 \frac{U_m(S)}{\Delta v} + \lambda [U_m(S) - C_1] \right\}}{dU_m(S)} = 0. \quad (6)$$

Решение рассматриваемой оптимизационной задачи получено в следующем виде:

$$f(S) = C_2 U_m(S) \quad (7)$$

при
$$C_2 = \frac{1}{C} \int_0^{S_m} f(S) dS. \quad (8)$$

Таким образом, при строгом рассмотрении вопроса о количестве замеров в зависимости от площади тестового участка, при допущении ограничений типа (4) и (8) задача определения функции $f(S)$ имеет решение, аналогичное решению задачи нахождения величины максимума сигнала замера размера тестового участка.

Проанализируем полученные выражения (7) и (8). Считаем, что показатель C является заданной постоянной величиной, а функция $f(S)$ –

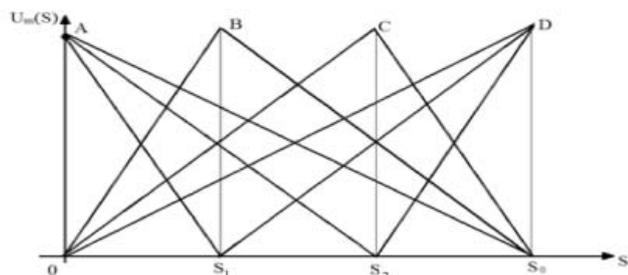


Рис. 3. Геометрическая интерпретация ограничения (4)

экспериментально определенной функцией, представленной на рис. 2.

Следовательно, можно считать, что постоянная C_2 в выражении (7) легко может быть определена. Исходя из этого можно заключить, что оптимальная функция $U(S)$ по своей форме повторяет масштабированную кривую функции $f(S)$.

Следовательно, для достижения высокой информативности тестовых замеров в полях, загрязненных азотными и фосфорными соединениями, размеры организуемых тестовых участков зависят от степени загрязнения проверяемых сельскохозяйственных полей.

При этом зависимость $U_m(S)$ должна повторять по форме функциональную зависимость $f(S)$.

Практическая методика, вытекающая из вышеуказанного теоретического вывода (7), заключается в том, что при организации тестовых участков на множестве сельскохозяйственных полей, загрязненных в разной степени азотными и фосфорными соединениями, для достижения высокой степени эффективности тестирования, на сильно загрязненных полях должны быть организованы более крупные тестовые поля, где должно быть проведено большее число тестовых замеров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Биомониторинг состояния окружающей среды / под ред. И.С. Белюченко, Е.В. Федоненко, А.В. Смагина. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – 153 с.
2. Современные проблемы науки и производства в агроинженерии / под ред. А.И. Завражнова. – СПб.: Лань, 2013. – 496 с.
3. Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий: сб. науч. тр. / под общ. ред. Ю.А. Мажайского. – Рязань: ФГБОУ ВПО РГТУ, 2012. – Вып. 5. – 472 с.
4. Эльсгольц Л.Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисления. – М.: Наука, 1963. – 424 с.
5. Aloe A.K., Bouraoui F., Grizzetti B., Bidoglio G., Pistocchi A. Managing Nitrogen and Phosphorus Loads to Water Bodies: Characterisation and Solutions. Towards Macro - Regional Integrated Nutrient Management. JRC Technical Reports, JRC - Ispra, 14-15 July 2014. <https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/lb-na-26822-en-n.pdf>.
6. Kissel D.E., Sonon L. Soil test handbook for Georgia. Georgia Cooperative Extension. College of Agricultural & Environmental Sciences. The University of Georgia. Athens, Georgia 30602-9105. – <http://aesl.ces.uga.edu/publications/soil/STHandbook.pdf>.
7. Managing Phosphorus for Agriculture and the Environment. PennState. College of Agricultural Science Agricultural Research and Cooperative Extension. – <http://extension.psu.edu/plants/nutrient-management/educational/soil-fertility/managing-phosphorus-for-agriculture-and-the-environment>.



8. Shayler H., McBride M., Harrison E. Guide to Soil Testing and Interpreting Results. Cornell Waste Management Institute. Department of Crop & Soil Sciences. – <http://cwmi.css.cornell.edu>.

Алиева Севда Салман гызы, аспирант, Национальное аэрокосмическое агентство Азербайджана. Азербайджан.

AZ 1106, г. Баку, С.С. Ахундова, стр. 1.
Тел.: (+99412) 562-17-38.

Ключевые слова: почва; загрязнение; азотные соединения; фосфорные соединения; тестовый участок; оптимизация; удобрения; информация; критерий; методика тестирования.

OPTIMUM ALLOCATION OF TEST PLOTS OF DIFFERENT SIZES AT THE AGRICULTURAL FIELDS HETEROGENICLY POLLUTED BY NITROGEN AND PHOSPHOROUS

Aliyeva Sevda Salman gizi, Post-graduate Student, National Aerospace Agency of Azerbaijan. Azerbaijan.

Keywords: soil; pollution; nitrogen compounds; phosphorus compounds; test plot; optimization; fertilizer; information; criterion; test methodic.

The task on determination of optimum order of allocation of testing land plots of different sizes in agricultural fields polluted by nitrogen and phosphorous compounds is formulated and solved. The optimality of results of carried out testing is determined on the base of chosen informa-

tion criterion determined by integrated value of information retrieved during testing. On the basis of solution of the formulated task the optimum interrelation between the test plot size, measuring signal and number of measurements is determined. The methodic for allocation of different size test plots on agricultural fields polluted heterogenically by nitrogen and phosphorous compounds is suggested according to which upon selection of test plots to reach the high level of effectiveness of testing the large test plots should be developed in more polluted fields and the higher number of measurements should be carried out in such land plots.

УДК: 631.363.25

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

ЕЛИСЕЕВ Михаил Семенович, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

ЗАГОРУЙКО Михаил Геннадьевич, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

РЫБАЛКИН Дмитрий Алексеевич, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

В статье представлен обзор основных факторов, влияющих на эффективность процесса измельчения.

Измельчение – одна из энергоемких технологических операций при подготовке исходного сырья для использования в различных видах производства.

Для измельчения исходного сырья в различных хозяйствах применяют молотковые дробилки, дезинтеграторы, а также валковые измельчители, плющильные станки и др. Благодаря простоте конструкции, надежности в работе, удобстве в обслуживании при эксплуатации наибольшее распространение в промышленности получили молотковые дробилки [2, 3, 5, 6].

Вопросом процесса измельчения занимались как отечественные, так и зарубежные ученые: С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, И.И. Ревенко, W. Kruger, A. Hendrix и др.

Основной вопрос теории измельчения состоит в установлении связи между затратами энергии и размерами конечных и начальных кусков

материалов, их формой, взаимным расположением, физико-механическими свойствами и т.п. В связи с многочисленностью влияющих факторов, существующие теории измельчения характеризуют энергозатраты в общем виде с учетом лишь наиболее важных параметров процесса и материала [1, 3].

Согласно теории П. Реттингера, работа, необходимая для измельчения материала, прямо пропорциональна площади вновь образованной поверхности:

$$A_F = K_1 \Delta F, \quad (1)$$

где K_1 – коэффициент пропорциональности; ΔF – площадь вновь образованной поверхности, м².

Теория П. Реттингера не учитывает изменения формы тела при измельчении, следовательно, она не может быть пригодной для