УДК 631.4:631.95

**АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ВАРЬИРОВАНИЯ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЁМНЫХ ПОЧВ
В СКЛОНОВЫХ АГРОЛАНДШАФТАХ**

ГЛАЗУНОВ Г.П.,

кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории агрохимии и ГИС; ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр»;
e-mail: gennadij-glazunov@yandex.ru; тел. 8(4712)53-11-62.

АФОНЧЕНКО Н.В.,

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории агрохимии и ГИС; ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр»;
e-mail: gennadij-glazunov@yandex.ru; тел. 8(4712)53-11-62.

АПУХТИН А.В.,

кандидат географических наук, ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр»;
e-mail: gennadij-glazunov@yandex.ru; тел. 8(4712)53-11-62.

Реферат. В статье обосновывается необходимость комплексной агроэкологической оценки показателей плодородия с учётом особенностей рельефа. Приводится преимущество комплексного подхода к оценке ресурсов агроландшафта. Рассмотрены вопросы морфометрического анализа рельефа на основе ГИС-технологий. Дана комплексная характеристика территории полигона в связи с особенностями рельефа для целей агроэкологической оценки земель. Апробирован методический подход наложения сетки отбора почвенных образцов на ландшафтную основу для выделения однородных ареалов по совокупности почвенно-агрохимических показателей на примере склоновых агроландшафтов с чернозёмными почвами на лессовидных суглинках. Приведены результаты морфометрического анализа рельефа на основе ГИС-технологий. На основе данных научной литературы, современных методик, ГИС-технологий, проведенных исследований и результатов собственного опыта с использованием системного, картографического, статистического анализа выполнена количественная оценка элементарного агроландшафта и картирование показателей плодородия чернозёмных почв. С помощью GPS-приемника и космических снимков уточнены современные контуры исследуемой территории. В программе Surfer была построена цифровая модель рельефа масштаба 1:2500. Рассчитаны общие средние уклоны поверхности рельефа. Для выявления участков, наиболее склонных к развитию эрозийных процессов, построены картограммы выпуклых и вогнутых склонов с наложением картограммы границ водосборов. В среде ГИС на основе методов цифрового моделирования рельефа проведен морфометрический анализ его характеристик, созданы электронные карты: цифровой модели рельефа, крутизны, экспозиции склонов, плановой кривизны поверхностей склонов. Найдена статистически значимая связь выделенных однородных ареалов с элементами рельефа. Проведена оценка динамики показателей почвенного плодородия в элементарном агроландшафте, на основе которой разработан подход к агроэкологической оценке земель.

Ключевые слова: агроландшафт, ГИС-технологии, чернозёмные почвы, параметры почвенного плодородия, агроэкологическая оценка земель, адаптивно-ландшафтные системы земледелия.

**ANALYSIS OF SPATIAL VARIATION OF INDICATORS OF FERTILITY
OF CHERNOZEM SOILS IN SLOPE AGRICULTURAL LANDSCAPES**

GLAZUNOV G.P.,

Ph. Dr. (Agriculture), Leading Scientific Worker of the agrochemistry and geographic information systems Laboratory of the FSBSI Federal agricultural Kursk research center Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation; e-mail: gennadij-glazunov@yandex.ru;
tel. 8(4712)53-11-62.

AFONCHENKO N.V.,

Ph. Dr. (Agriculture), Senior Scientific Worker of the agrochemistry and geographic information systems Laboratory of the FSBSI Federal agricultural Kursk research center Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation; e-mail: gennadij-glazunov@yandex.ru; tel. 8(4712)53-11-62.

APUKHTIN A.V.,

Ph. Dr. (Geography); FSBSI Federal agricultural Kursk research center Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation; e-mail: gennadij-glazunov@yandex.ru; тел 8(4712)53-11-62.

Essay. The article substantiates the need for a comprehensive agroecological assessment of fertility indicators taking into account the features of the relief. The advantage of an integrated approach to the assessment of agrolandscape resources is brought. The issues of morphometric analysis of the relief on the basis of GIS technologies are considered. A complex characteristic of the territory of the polygon in connection with the features of the relief for the purposes of agroecological assessment of lands is given. A methodical approach of applying a grid of soil sampling on a landscape basis for the allocation of homogeneous areas by soil-agrochemical indicators taken as a whole sloping agricultural landscapes with chernozem soils on loess-like loams as an example is tested. The results of morphometric analysis of the relief based on GIS technologies are presented. Based on the data of scientific literature, modern methods, GIS-technologies, conducted research and the results of the authors experiment with the use of system, cartographic, statistical analysis, quantitative assessment of the elementary agricultural landscape and mapping of fertility indicators of chernozem soils was performed. With the help of a GPS receiver and satellite images modern contours of the studied territory are refined. The Surfer program built a 1: 2500 scale digital terrain model. General average slopes of the relief surface were calculated. To identify areas most prone to the development of erosion processes, cartograms of convex and concave slopes with the imposition of cartograms of catchment boundaries are constructed. In the GIS environment based on the methods of digital relief modelling morphometric analysis of it characteristics was, e-maps of a digital model of relief, slope steepness, exposure, plan curvature of slope surface were made. A statistically significant relationship between the isolated homogeneous areas and the relief elements was found. The assessment of the dynamics of the indicators of soil fertility in the elementary agricultural landscape, on the basis of which an approach to agro-ecological assessment of land is developed.

Keywords: agrolandscape, GIS technologies, chernozem soils, soil fertility parameters, agroecological assessment of lands, adaptive landscape systems of agriculture.

Введение. Несмотря на то, что сравнительно однородным и благоприятным для выращивания основных сельскохозяйственных культур считается почвенный покров Центрально-Черноземного региона в ряде областей, особенно расположенных в пределах Среднерусской возвышенности, он характеризуется повышенной сложностью и контрастностью, в том числе и в пределах небольших участков и полей [1, 2]. При возделывании сельскохозяйственных культур растениеводы неизбежно сталкиваются с неоднородным распределением урожайности культур в пределах одного производственного участка. Как правило, его контуры одновременно располагаются в зонах с различными параметрами почвенного плодородия. Сельскохозяйственные угодья Черноземной зоны России характеризуются повышенным уровнем простран-

ственно-временной изменчивости почв. Это объясняется сравнительной молодостью почвенного покрова, сложной организацией его литолого-геоморфологического каркаса и преобладанием деградиционно-дивергентных составляющих агрогенной трансформации. В процессе почвообразования также активное участие принимает рельеф местности и интенсивное сельскохозяйственное использование пашни. Более интенсивный сток талых и ливневых вод увеличивает процесс смыва почв и прежде всего тонких фракций гранулометрического состава, что в последствии отражается на агрохимической характеристике почв [3, 4]. В результате они характеризуются очень высоким внутрипольным варьированием урожайности в условиях однородного технологического фона, что является главной предпосылкой использования в адаптивно-

ландшафтных системах земледелия дифференцированных технологий и ландшафтной агрохимии.

Для разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия необходима объективная оценка природно-ресурсного потенциала агроландшафта, основанная на комплексе показателей и критериев, в полной мере характеризующих его особенности. Однако, существующие общепринятые методы отбора почвенных проб и методики агрохимического обследования не позволяют в полной мере оценить степень изменчивости параметров почвенного плодородия в агроландшафте и установить необходимость регулирования питательного режима сельскохозяйственных культур. Следует отметить, что имеющиеся в хозяйствах картографические материалы по агрохимическому обследованию, как правило, не содержат информацию по рациональному использованию полей под ту или иную культуру в зависимости от находящихся на нём почвенных комбинаций и пространственно-временную потребность в удобрениях на конкретной территории.

Поэтому установление закономерностей пространственной неоднородности позволит провести моделирование гетерогенности плодородия почв, установить целесообразность дифференцированного внесения минеральных удобрений в агроландшафтах, усовершенствовать методические подходы оценки степени изменчивости параметров почвенного плодородия, а также разработать приемы повышения экологической устойчивости почв, оптимизации продуктивности сельскохозяйственных культур и рационального использования природно-ресурсного потенциала агроландшафтов.

Материал и методика исследования. Полевые исследования проводились в 2011 г. и 2019 г. на территории опытного поля Курского федерального аграрного научного центра (ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии) (Медвенский район, Курская область). На участке пашни с куполообразной формой рельефа, площадью 86 га. Почвенный покров представлен черноземами различной степени смытости на лёссовидных суглинках. Поверхность полигона отличается явно выраженной волнистостью, средний уклон территории составляет 2,23°. Высота над уровнем моря колеблется от 190,5 до 217,5 м.

Агроэкологическую оценку системы показателей эродированных черноземов с использованием ГИС-технологий проводили с ис-

пользованием авторского подхода и по алгоритму, разработанному Н.П. Масютенко [3]. Отбор проб для изучения агрохимических, агрофизических и биологических показателей производился из пахотного слоя почвы при помощи геопозиционирования их с помощью GPS с предварительным построением сетки отбора почвенных образцов с шагом 50 м (площадь кластеров 2500 м²) в компьютерных программах SASPlanet, Grid, OziExplorer. Полученные данные послужили основой для создания цифровых карт содержания гумуса и элементов эффективного плодородия. Для построения тематических карт и трехмерной модели местности были использованы результаты агрохимического обследования и инструментальной топографической съемки микро-рельефа, полученные при помощи нивелира ADA с привлечением компьютерной программы Surfer 14.0. Также были заложены почвенные разрезы на черноземных почвах разной степени эродированности, из пахотного слоя и по генетическим горизонтам которых отобрали образцы почвы.

Анализы почвы на содержание гумуса, подвижных форм фосфора и калия, pH выполнялись по стандартным методикам. Для статистических расчетов использовали стандартные формулы математической обработки данных в компьютерной программе Excel, STATISTICA.

Данные, полученные в результате почвенного обследования, были использованы для анализа распределения элементов эффективного плодородия с учётом особенностей рельефа территории.

Результаты исследования. В работе представлены результаты апробации и описание разработанного методического подхода по комплексному анализу показателей почвенного плодородия в агроландшафте при помощи наложения пространственно-координированной сетки на картографическую основу исследуемой территории [5, 6]. Суть методики состоит в том, что для группировки (кластеризации) точек обследования используются не только значения некоторого числа почвенных показателей, но и автоматизация разбивки территории при помощи программных средств для получения сетки пространственных координат. Следует отметить, что апробированный способ разбивки полигона при помощи программных средств OziExplorer, SAS Planet, Grid и GPS приемника имеет расхождение в плане в пределах $\pm 1,5-3,5$ метров вследствие ошибки определения местоположения точки

отбора. Более точные результаты удалось получить при использовании функции Average у приемника GPSmap76CSx [7].

В результате проведенных исследований дана физико-географическая характеристика полигона: его географического положения, геологического строения, рельефа, климата и почвенного покрова.

На основе полученного массива данных геопозиционирования и нивелирной съёмки была построена трёхмерная топографическая карта полигона с узлами сетки с шагом 50 м (рисунок 1).

Дана морфометрическая характеристика полигона. На основании полученных результатов исследования установлено, что повреждение территории современными формами линейной эрозии характеризуется средней степенью развития, слабой расчлененностью овражной сетью с коэффициентом овражности $K_{овр}=0,36$ и очень сильной плотностью оврагов $= 3 \text{ шт./км}^2$. Местный базис эрозии равен 29,5 м н.у.м., что соответствует глубоковрезанным эрозионным системам. Средняя длина склонов, $m S= 391,25$ м и варьирует в пределах от 250 (южный склон) до 500 (западный, восточный и северо-восточный) с площадью плакора, составляющей 4,57 га. Все склоны, согласно классификации, относятся к категории склонов средней длины. Крутизна пахотных склонов характеризуется от плоской поверхности до покатых склонов. Разница высотных отметок днищ балок и водораздела достигает 29,5 метров. Рельеф типично эрозионный, отличается явно выраженной волнистостью. На

вершине и его склонах отмечаются элементы мезорельефа в виде ям овальной или блюдчатой формы. Вниз по склону при небольших уклонах (2-3°) блюдца исчезают и появляются эрозионно-суффозионные ложбины стока. В средней и нижней частях склонов с уклоном в 3-4° волнистость рельефа носит более выраженную форму, средний уклон полигона с севера на юг составляет 3,9°.

При помощи программы Surfer была построена трёхмерная модель уклонов с изолиниями высот и размещением водосборов на территории полигона. Были определены границы водоразделов. Для более детального изучения, основываясь на морфометрическом строении рельефа, было выбрано 32 ключевые точки (рисунок 2).

Отбор почвенных образцов выполняли в узлах сетки из пахотного слоя почвы (0-20 см) по авторской методике. Местоположение точек определяли с помощью GPS-приемника Garmin.

Анализ полученного материала свидетельствует об очень высоком варьировании агрохимических показателей (таблица 1). Об этом свидетельствует характеризующий этот процесс коэффициент вариации. Наиболее высоким он оказался для гидролитической кислотности, содержания аммонийного и нитратного азота, средним – для подвижных форм фосфора и калия и незначительным – для гумуса, pH_{KCl} , N штг, содержания обменных оснований (Ca^{2+} и Mg^{2+}).

Рисунок 1 – Трёхмерная модель рельефа полигона

Рисунок 2 – трёхмерная модель рельефа с изолиниями и водосборами

Рисунок 3 – Трёхмерная модель содержания гумуса (%) в пахотном слое чернозёмных почв (0-20 см) в зависимости от местоположения в рельефе

Таблица 1 – Статистические параметры агрохимических показателей почвы

Параметры	рН _{KCl}	Н г	N щг	N-NH ₄	N-NO ₃	гумус, %	Подвижные		Обменные основания	
							P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Max	7,2	5,06	19,22	2,07	5,02	6,16	34,10	28,10	29,10	5,00
Min	5,30	0,51	14,12	0,17	0,25	4,78	6,10	9,60	22,00	2,90
Среднее	6,23	2,30	16,74	0,77	0,77	5,57	12,78	13,80	25,21	4,01
Ст. откл.	0,61	1,37	1,08	0,34	0,63	0,29	3,82	3,30	1,87	0,53
К. вариации	9,85	59,49	6,44	44,23	81,64	5,29	29,93	23,93	7,43	13,28

Увеличение площади малогумусных контуров за счёт частичной потери гумуса, вызванной эрозией, в том числе технологической, привели к сокращению наиболее плодородных участков поля. На поле с выраженным рельефом произошло перераспределение гу-

мусового вещества с частичной его аккумуляцией в замкнутых понижениях северной части склона. Наименьшее содержание гумуса было отмечено в фациях ложбин (в среднем 3,3%) и водораздела в юго-западной части, а наибольшее – в аккумулятивной (6,8 %). Низкое

содержание гумуса в почвенном покрове ложбин южной и западной частей полигона связано с эрозионными процессами, в результате которых происходит активный процесс смыва мелкозема в гидрографическую сеть, расположенную у подножия склонов и не входящую в границы исследуемого участка. Трёхмерная модель содержания гумуса в пахотном слое чернозёмных почв полигона представлена на рисунке 3.

Содержание гумуса в пахотном слое чернозёмных почв на исследуемом полигоне изменялось от 4,78 до 6,16 %. При наложении картограмм мощности гумусового горизонта (A+AB) и гумуса было установлено, что наибольшее содержание гумуса отмечается на участках с незэродированными почвами.

В результате количественной оценки была установлена обратная сильная связь содержания гумуса в пахотном слое со степенью эро-

дированности чернозёмных почв (коэффициент корреляции = 0,86), то есть, чем больше мощность гумусового горизонта, тем меньше степень эродированности и выше содержание гумуса в почве (рисунок 4).

Для исследования изменения характеристики почвенного покрова в зависимости от степени смытости чернозёмных почв на территории полигона было заложено четыре почвенных разреза. Установлено, что характер распределения гумуса в профиле незэродированного и слабоэродированного чернозема типичного постепенно убывающий, среднеэродированного – до 40 см резко убывающий, а ниже – постепенно убывающий. Мощность гумусовых горизонтов A+AB в незэродированных почвах на исследуемой территории варьировала от 80 до 130 см, в слабоэродированных – от 60 до 70 см, в среднеэродированных – от 20 до 25 см.

Рисунок 4 – Содержание гумуса в пахотном слое чернозёмных почв в зависимости от степени их эродированности

Рисунок 5 – Трёхмерная модель содержания щёлочногидролизуемого азота (мг/100 г почвы) в пахотном слое чернозёмных почв (0-20 см) в зависимости от местоположения в рельефе

Содержание щёлочногидролизуемого азота в пахотном слое (мг/100 г почвы) чернозёмных почв (0-20 см) в зависимости от местоположения в рельефе отображено на (рисунок 7). Коэффициент вариации его был самым низким – 7,06 с частотой отбора почвенных проб через 200 м и 6,44 – через 100 м.

Показания величины кислотности pH_{KCl} варьируют на территории участка, согласно группировке почв по степени кислотности, от слабокислых до нейтральных. С одной стороны, имеющаяся на поле неоднородность этого показателя связана, главным образом, со снижением реакции почвенного раствора в результате потери катионов кальция и магния вследствие интенсивной промывки почвенной

толщи атмосферными осадками. С другой, преобладание почв, в подверженных эрозии формах рельефа с нейтральной реакцией почвенного раствора или близкой к нейтральной, обусловлена обнажением нижележащих слоёв почвы, насыщенных карбонатами.

Содержание подвижного фосфора (рисунок 7) на поле и характер его перераспределения по элементам рельефа неодинаково. Очень высокая пестрота в распределении этого показателя связана с многообразием форм рельефа на поле. Коэффициент вариации для подвижного фосфора был средним – 25,17 с частотой отбора почвенных проб через 200 м и 29,93 – через 100 м.

Рисунок 6 –Трехмерная модель группировки чернозёмных почв по степени кислотности (0-20 см) в зависимости от местоположения в рельефе

Рисунок 7 – Трехмерная модель содержания подвижного фосфора (мг/100 г почвы) в пахотном слое чернозёмных почв (0-20 см) в зависимости от местоположения в рельефе

Рисунок 8 – Трехмерная модель содержания подвижного калия (мг/100 г почвы) в пахотном слое чернозёмных почв (0-20 см) в зависимости от местоположения в рельефе

Почва приводораздельных и водораздельных частей склона содержит в среднем 150 мг/кг фосфора, а в нижней части склона северной и западной экспозиций в транзитной фации отмечаются меньшие значения – 80-90 мг/кг. Причем отмечается рост содержания подвижного фосфора в нижней части склона южной экспозиции по сравнению с верхней и средней от 150 до 260 мг/кг. Столь высокая вариабельность подвижного фосфора вызывает определенные сложности при внесении фосфорсодержащих удобрений, т.к. сплошное их внесение приведет к ещё большему зафосфачиванию отдельных рабочих участков поля, другие при этом (около 20 % пашни) будут испытывать дефицит.

Было установлено, что вся исследуемая территория имела очень высокую обеспеченность по содержанию подвижного калия в почве (рисунок 8). Наиболее низкое содержание калия (100-110 мг/кг) отмечено в транзитных фациях и отрицательных формах рельефа: 110-150 мг/г почвы на водоразделах, 150-180 – в нижней части склонов, а максимальное его количество – в аккумулятивной фации (180-290 мг/кг). Коэффициент вариации для подвижного калия был средним – 23,61 с частотой отбора почвенных проб через 200 м и 23,93 – через 100 м. Это свидетельствует о неустойчивости этого показателя в пространстве.

Пространственная неоднородность агрохимических показателей во времени возрастает практически по всем показателям. При имеющемся уровне интенсификации производства, отсутствии системного подхода к вы-

равниванию агрохимических показателей и увеличению плодородия почвы, получение запланированного урожая затрудняется. Это возможно, если выполнение всех агротехнических мероприятий по повышению плодородия почвы будут осуществляться с учетом пространственной неоднородности почвы.

Полученная информация о распределении в пространстве почвенного плодородия позволяет дифференцированно подходить к внесению удобрений на конкретном поле, а сформированные на основе проведенных исследований рабочие участки позволят оптимизировать размещение культур на поле и проведение агротехнологических мероприятий.

Вывод. Таким образом, в результате проведенных исследований нами были получены новые знания о пространственном варьировании свойств черноземных почв, разработан методический подход к агроэкологической оценке почв на основе цифровых и ГИСТехнологий с учетом влияния рельефа на основании получения репрезентативных данных, необходимые для автоматизации агроэкологической оценки земель при проектировании адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Обоснована необходимость комплексной агроэкологической оценки с учётом особенностей рельефа.

Разработанный методический подход может быть использован для облегчения и автоматизация процесса оценки природно-ресурсного потенциала агроландшафтов и разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия.

Список использованных источников

1. Черноземы Центральной России: генезис, эволюция и проблемы рационального использования // Сборник материалов научной конференции, посвященной 80-летию кафедры почвоведения и управления земельными ресурсами в 100-летней истории Воронежского государственного университета / под ред. Д. И. Щеглова. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2017. – 578 с.
2. Оптимизация землепользования и типизация чернозёмов в аккумулятивно-эрозионных агроландшафтах на северо-востоке ЦЧР / И.И. Васенёв, О.С. Бойко, А.С. Цыгуткин, А.В. Подлеснов // Достижения науки и техники АПК. 2008. – Т.22. – №10. – С.52-54.
3. Система показателей агроэкологической оценки эродированных черноземов / Н.П. Масютенко, Г.П. Глазунов, А.В. Кузнецов, М.Н. Масютенко // Достижения науки и техники АПК. - 2016. - Т. 30. - № 11. - С.7-11.
4. Влияние степени эродированности на показатели экологического состояния черноземных почв / Н.П. Масютенко, Г.П. Глазунов, А.И. Санжаров и др. // Достижения науки и техники АПК. - 2015. - Т.29. - № 8. - С.19-23.
5. Глазунов Г.П. Выявление неоднородности параметров плодородия почвы для агроэкологической оценки земель на основе ГИС-технологий // Аграрная наука - сельскому хозяйству сборник статей: в 3 книгах. Алтайский государственный аграрный университет, 2017. – С. 420-421.
6. Глазунов Г.П. Способ отбора повенных проб при агрохимическом обследовании почвенного покрова на основе ГИС-технологий // В кн.: Актуальные проблемы устойчивого развития агроэкосистем (почвенные, экологические, биоценотические аспекты): материалы Всероссийской с международным участием научной конференции, посвящённой 60-летию лаборатории агроэкологии Никитского ботанического сада, 7-11 октября 2019 г. //отв. Ред. О.Е. Клименко; Никитский ботанический сад – Национальный научный центр. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2019. – С. 22-24.
7. Методическое пособие к семинару «Геоинформационные системы и особо охраняемые природные территории» – Тула: Гриф и К, 2007. – 240 с.
8. Долгополова Н.В. Факторы плодородия в биологическом земледелии лесостепи Центрального Черноземья // Региональный вестник. – 2016. - № 2(3). – С. 27-29.
9. Долгополова Н.В. Биологическая система земледелия и воспроизводство плодородия почвы в лесостепи Центрального Черноземья // Региональный вестник. – 2016. - № 2(3). – С. 29-32.

List of sources used

1. Chernozems of Central Russia: genesis, evolution and problems of rational use // Collection of materials of a scientific conference dedicated to the 80th anniversary of the Department of Soil Science and Land Management in the 100-year history of Voronezh State University / ed. D.I.Scheglova. - Voronezh: Publishing and printing center "Scientific Book", 2017. - 578 p.
2. Land use optimization and typification of chernozems in accumulatively erosive agrolandscapes in the north-east of the Central Black Sea / II. Vasenev, O.S. Boyko, A.S. Tsygutkin, A.V. Podlesnov // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2008. - Vol. 22. - No. 10. - S. 52-54.
3. The system of indicators of agroecological assessment of eroded chernozems / N.P. Masyutenko, G.P. Glazunov, A.V. Kuznetsov, M.N. Masyutenko // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. - 2016. - T. 30. - No. 11. - S.7-11.
4. The effect of the degree of erosion on indicators of the ecological state of chernozem soils / N.P. Masyutenko, G.P. Glazunov, A.I. Sanzharov et al. // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. - 2015. - T.29. - No. 8. - S.19-23.
5. Glazunov G.P. Identification of heterogeneity of soil fertility parameters for agroecological assessment of land on the basis of GIS technology // Agricultural science - agriculture collection of articles: in 3 books. Altai State Agrarian University, 2017. -- S. 420-421.
6. Glazunov G.P. A method for sampling attitudinal samples during agrochemical examination of the soil cover based on GIS technologies // In the book: Actual problems of sustainable development of agroecosystems (soil, environmental, biocenotic aspects): materials of the All-Russian with international participation scientific conference dedicated to the 60th anniversary of the Nikitsky Botanical Laboratory of Agroecology Garden, October 7-11, 2019 // Res. Ed. O.E. Klimenko; Nikitsky Botanical Garden - National Science Center. - Simferopol: IT "ARIAL", 2019. - S. 22-24.
7. Methodical manual for the seminar “Geoinformation systems and specially protected natural territories” - Tula: Grif and K, 2007. - 240 p.
8. Dolgopolova N.V. Fertility factors in biological farming of the forest-steppe of the Central Black Earth Region // Regional Bulletin. - 2016. - No. 2 (3). - S. 27-29.
9. Dolgopolova N.V. Biological system of agriculture and reproduction of soil fertility in the forest-steppe of the Central Black Earth Region // Regional Bulletin. - 2016. - No. 2 (3). - S. 29-32.