



ЛАНДШАФТНАЯ ЭКОЛОГИЯ

Оригинальная статья / Original article

УДК 911.52: 504.54

DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-94-104

ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ СТРУКТУРЫ ЛАНДШАФТА И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИНДИКАТОРЫ

¹Иван Ф. Медведев, ¹Денис И. Губарев, ¹Сергей С. Деревягин*,

¹Михаил Ю. Несветаев, ¹Александр Ю. Верин, ²Наталья В. Мищенко

¹Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока,
Саратов, Россия, sergey_derevyagin@mail.ru

²Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича
и Николая Григорьевича Столетовых, Владимир, Россия

Резюме. Цель: выявить степень влияния морфологической неоднородности территории на экологическое состояние агроландшафта. **Методы.** Исследования проводились на территории площадью 608,5 га и коэффициентом горизонтальной расчленённости 8,36 км/км². Для проведения наблюдений использовали рассредоточенные тестовые площадки размером 10 м². На каждом типе фаций тестовые площадки закладывались на пашне в трехкратной повторности. Использовались стандартные методы исследований с применением ГИС. Были оцифрованы существующие тематические карты местности и создана цифровая модель рельефа на основе топографической съемки местности. Вычисления и визуализация данных произведены с помощью и на базе программного комплекса ArcGIS и Microsoft Excel. **Результаты.** Установлена степень влияния типов фаций ландшафтной местности на отдельные критерии и индикаторы продуктивности пашни (микроклиматические показатели, водные свойства почвы, элементы плодородия). Проведена пространственная экологически обоснованная дифференциация типов урочищ на типы фаций. **Выводы.** Наиболее высокой экологической стабильностью обладают склоны северной экспозиции (I-IVn). Они лидируют по содержанию продуктивной влаги, подвижного фосфора и калия. Фации склонов южной экспозиции (I-IVs) лидируют по инсоляции, содержанию гумуса и нитратного азота. Содержание тяжёлых металлов в почвах и урожай пшеницы выше на склонах южной экспозиции и водоразделах второго порядка (IVn). Максимальная урожайность 2,9 т/га была получена на водораздельном типе фаций (V). Установлена тесная связь ($r=-0,72$) между урожайностью и pH почвенного раствора, средняя – с подвижными формами фосфора ($r=0,59$) и калия ($r=0,84$).

Ключевые слова: ландшафт, агроландшафт, элементы плодородия, типы фаций, цифровая модель рельефа, урожайность, экологические критерии и индикаторы.

Формат цитирования: Медведев И.Ф., Губарев Д.И., Деревягин С.С., Несветаев М.Ю., Верин А.Ю., Мищенко Н.В. Дифференциация структуры ландшафта и экологические индикаторы // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N1. С.94-104. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-94-104



DIFFERENTIATION OF STRUCTURE LANDSCAPE AND ENVIRONMENTAL INDICATORS

¹Ivan F. Medvedev, ¹Denis I. Gubarev, ¹Sergey S. Derevyagin*,

¹Mikhail Yu. Nesvetaev, ¹Alexander Yu. Verin, ²Natalia V. Mishchenko

¹Agricultural Research Institute of South-East Region, Saratov, Russia, sergey_derevyagin@mail.ru

²Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov's, Vladimir, Russia

Abstract. Aim. To identify the degree of influence of the morphological heterogeneity of the territory on the ecological state of the agricultural landscape. **Methods** The study was conducted on an area of 608.5 hectares and a horizontal dissection factor of 8.36 km/km². For the observations, distributed test pads measuring 10 m² were used. On each type of facies, test sites were laid on arable land in triplicate. We used standard research methods using GIS. Existing thematic terrain maps were digitized and a digital elevation model based on a topographic survey of the terrain was created. Calculations and visualization of data are made using and based on the ArcGIS and Microsoft Excel software. **Results.** The degree of influence of the types of facies of the landscape area on individual criteria and indicators of arable land productivity (microclimatic indicators, water properties of the soil, elements of fertility) has been established. Spatial ecologically justified differentiation of types of tracts into facies types has been carried out. **Main conclusions.** The slopes of the northern exposure (I-IVn) have the highest ecological stability. They lead in the content of productive moisture, mobile phosphorus and potassium. The facies of the slopes of the southern exposure (I-IVs) lead by insolation, the content of humus and nitrate nitrogen. The content of heavy metals in the soils and wheat yield is higher on the southern slopes and second-order watersheds (IVn). The maximum productivity of 2.9 t/ha was obtained on the watershed type of facies (V). A close relationship was established ($r = -0.72$) between productivity and pH of soil, medium – with mobile forms of phosphorus ($r = 0.59$) and potassium ($r = 0.84$).

Keywords: landscape, agrolandscape, elements of fertility, types of facies, digital elevation model, productivity, environmental criteria and indicators.

For citation: Medvedev I.F., Gubarev D.I., Derevyagin S.S., Nesvetaev M.Yu., Verin A.Yu., Mishchenko N.V. Differentiation of structure landscape and environmental indicators. *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 1, pp. 94-104. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-94-104

ВВЕДЕНИЕ

Из всех компонентов физико-географического процесса одним из самых важных и определяющих является соотношение тепла и влаги [1]. При формировании типов урочищ и фаций не меньшее значение имеет количественная дисперсия почвенно-экологических и микроклиматических показателей на локальном уровне в ландшафте.

По В.А. Николаеву, природно-территориальные комплексы различных уровней, изменённые сельскохозяйственной деятельностью человека, должны именоваться с приставкой *агро-* (например, агроместность, агроурочище и т.д.).

При выраженном рельефе морфоструктура местности (морфологические части местности – урочища, фации), её пространственная неоднородность, обуславливает характер микроклимата территории и разнородность сопутствующего почвенного покрова.

Поэтому главным этапом в обосновании дифференциации агроландшафта по типам урочищ и фаций являются критерии и индикаторы почвенно-экологического состояния



агрогеосистемы и её морфоструктурный анализ [2; 3]. Отсутствие экологически обоснованных разнородных типов урочищ и фаций не позволяет использовать ранее созданные карты различного назначения для решения вопросов экологизации при хозяйственном использовании земельных ресурсов [4].

Цель: выявить степень влияния морфологической неоднородности территории на экологическое состояние и продуктивность агроландшафта.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились на территории Елшано-Гусельской равнины (г. Саратов, часть территории земель НИИСХ Юго-Востока), которая представляет собой ландшафтную местность с коэффициентом горизонтальной расчленённости 8,36 км/км² [5].

Основой для ландшафтных исследований послужили цифровые почвенные и землеустроительные карты, а также созданная авторами цифровая модель рельефа на основе топографической съемки местности, проведенной авторами. При этом использовалась методика по полевым крупномасштабным ландшафтным исследованиям А.А. Видиной с учетом особенностей использования земельных ресурсов в агроландшафте, а также методика ландшафтного картографирования с использованием ГИС, разработанная В.З. Макаровым.

Исследования проведены на 27 тестовых площадках (каждая площадью 10 м² по три на каждом типе фаций) одновременно и по одной схеме опыта.

Все ландшафтные изыскания проводились с применением ГИС-технологий. В агроландшафте на зернопаровом шестипольном севообороте возделывалась культура яровая мягкая пшеница.

При наблюдении за водным режимом почвы, снегозапасами, глубиной промерзания почвы и при определении почвенно-агрохимических показателей использовались стандартные методы исследований. Учет урожайности основной продукции проводился методом линейных метров. Все вычисления и визуализация данных произведены с помощью и на базе программного комплекса ArcGIS и Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На основании анализа картографического материала и фотопланов съемки анализируемой ландшафтной местности были выделены 2 типа урочищ, которые базируются на элементах мезорельефа – это склоны северной и южной экспозиций. Согласно существующим географическим методикам и положениям [1], в выделенных типах урочищ проведён анализ микрорельефа, что послужило основанием для выделения 1 доминантной и 4 субдоминантных типов фаций (рис. 1).

В ландшафте выделены 9 типов фаций: In – слабопологие (1-3°) вогнутые склоны северо-восточной экспозиции; Pn – слабопологие (1-3°) вогнутые склоны ложбин северо-восточной экспозиции; Pn – пологие (3-5°) вогнутые склоны северо-восточной экспозиции; IVn – слабопологие (1-3°) выпуклые склоны водоразделов 2-ого порядка северо-восточной экспозиции. Водораздельный тип характеризовался по почти плоским (0-1°) выпуклым водораздельным пространствам (V); Is – слабопологие (1-3°) вогнутые склоны юго-западной экспозиции; Ps – слабопологие (1-3°) вогнутые склоны ложбин юго-западной экспозиции; PIs – пологие (3-5°) вогнутые склоны юго-западной экспозиции; IVs – слабопологие (1-3°) выпуклые склоны водоразделов 2-ого порядка юго-западной экспозиции.

Основой выделения типов фаций послужил рельеф, так как он является главным фактором перераспределения почвенного покрова, тепла и влаги на поверхности земли. К литогенной основе, и, прежде всего, к рельефу приспосабливается биота, от него также зависит характер почвообразующих процессов. Поэтому границы экосистем очень часто совпадают с границами форм или элементов форм рельефа [1; 3].

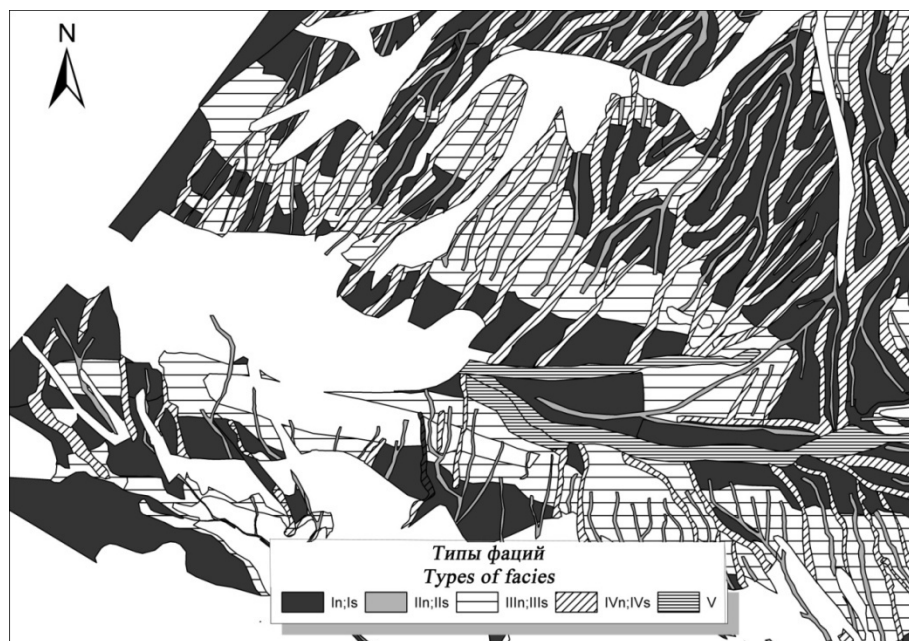


Рис.1. Фрагмент ландшафтной карты части землепользования
Fig.1. Fragment of a landscape map of a part of land use

Наиболее важным фактором формирования экологических условий каждой анализируемой фации – это количество поступающей на поверхность почвы лучистой энергии (табл. 1).

Таблица 1

Влияние рельефа на активность отдельных почвенно-экологических критериев и индикаторов

Table 1

The effect of relief on the activity of individual soil-ecological criteria and indicators

Показатели / Index	Типы фаций / Types of facies								
	северная экспозиция northern exposure					южная экспозиция southern exposure			
	In	IIIn	IIIIn	IVn	V	Is	IIIs	IIIIs	IVs
Высота снежного покрова, см Snow height, cm	33	39	51	32	32	28	31	31	37
Глубина промерзания почвы, см Depth of soil freezing, cm	40	35	41	45	43	32	44	51	38
Инсоляция, МДж/м ² Insolation, MJ/m ²	4096	4100	4052	4083	4195	4231	4322	4312	4281
Содержание продуктивной влаги в почве (весна), мм Water reserves in the soil (spring), mm	70	73	73	74	75	67	73	67	65
Содержание продуктивной влаги в почве (лето), мм Water reserves in the soil (summer), mm	58	53	22	40	47	29	27	22	17
Содержание продуктивной влаги в почве (осень), мм Water reserves in the soil (autumn), mm	78	84	73	70	67	75	75	62	57



В среднем за год суммарная солнечная радиация, которая поступает от солнца на почву, составляет на местности $4185,9 \text{ МДж/м}^2$. Доминантные и субдоминантные типы фаций дифференцируют суммарную солнечную энергию, которая поступает на земную поверхность.

Основными корректирующими факторами выступают экспозиция и крутизна склона, а также альбедо земной поверхности. В наших исследованиях инсоляция склона южной экспозиции составляет $4286,8 \text{ МДж/м}^2$, а на склон северной экспозиции поступает $4082,8 \text{ МДж/м}^2$. Максимально обеспечены солнечной энергией склоны ложбин обеих экспозиций ($4099,7 \text{ МДж/м}^2$ на северной и $4321,9 \text{ МДж/м}^2$ на южной экспозициях), минимально – пологие склоны северной экспозиции ($4052,3 \text{ МДж/м}^2$) и слабопологие склоны южной экспозиции ($4231,2 \text{ МДж/м}^2$). Водораздельный тип фаций по уровню инсоляции занимает промежуточное положение.

В соответствии с количеством поступающей солнечной энергии на различных типах урочищ формируется уровень развития почти всех элементов почвообразовательного процесса.

В условиях Юго-Востока более 70% влаги – это влага зимних осадков [6]. Мощность снегового покрова, его плотность, распределение по элементам мезорельефа и микрорельефа регулируют уровень увлажнения почвы.

Одним из важнейших, отепляющих почву факторов, является мощность снегового покрова. В среднем по типам фаций высота снегового покрова на местности составила на склоне северной экспозиции 39 см, а на южной – 32 см.

На характер распределения снега в урочище значительное влияние оказывают экспозиция и крутизна склона (табл. 1, рис. 2).

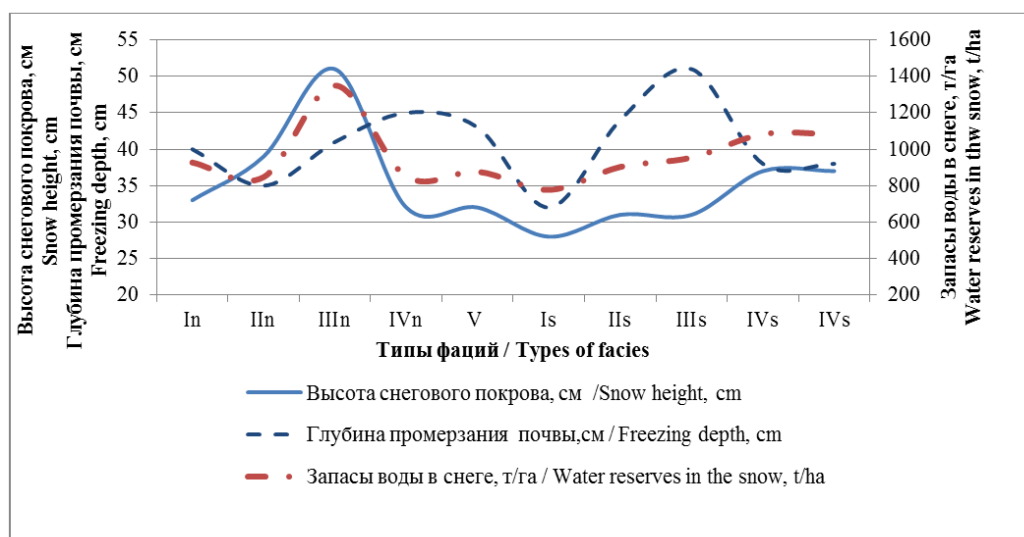


Рис.2. Глубина промерзания почвы и распределение по типам фаций запасов снега
Fig.2. The depth of soil freezing and distribution of snow reserves by type of facies

На склоне северной экспозиции содержание снега в среднем по типам фаций на 17,9% выше, чем на склоне южной экспозиции. На водораздельном типе фаций (V) снега накапливается меньше, на полярных склонах его количество увеличивается пропорционально крутизне склонов. Склон южной экспозиции, который менее расчленен, имеет более равномерное распределение снегового покрова.

Крутизна склона и высота снегового покрова определяют глубину промерзания почвы и поступление снеговой воды в почву (табл. 1, рис. 2).

В среднем по рассматриваемым комплексам глубина промерзания почвы склона южной экспозиции была на 1 см выше, чем на северном. Максимальная глубина промер-



зания почвы отмечена на межложбинных водоразделах на склоне северной экспозиции – 45 см и на пологих склонах южной экспозиции – 51 см. В целом установлена умеренная связь зависимости между мощностью снегового покрова и глубиной промерзания почвы ($r = -0,5$ и $r = -0,6$).

В условиях сельскохозяйственного использования почвенного покрова важным фактором является влагообеспеченность почвы. Наличие в почве запасов продуктивной влаги в комплексе с лучистой энергией определяет уровень активности почвенной и растительной продукции. Нивелировка запасов продуктивной влаги связана с однотипностью гранулометрического состава и небольшими различиями в глубине промерзания почвы.

В годовом балансе продуктивной влаги почвы запас влаги в снеге занимает 50-70%. За последние 20 лет характер процесса снеготаяния не способствует формированию поверхностного стока талых вод. В этих условиях активизировался вертикальный внутрипочвенный сток, тем самым пополняя запасы влаги в почве и увеличивая уровень грунтовых вод [7].

Снег и глубина промерзания почвы, наряду с другими факторами (экспозиция склона, солнечная радиация, растительное покрытие поверхности почвы т.д.), являются основными факторами формирования запасов продуктивной влаги в почве. Максимальная увлажненность независимо от пространственного размещения почв и рельефа местности отмечалась в весенний период после завершения процесса снеготаяния. Общая динамика среднегодового почвенного увлажнения указывает на небольшой тренд уменьшения влажности почв склона южной экспозиции по сравнению со склоном северной экспозиции.

Минимальную продуктивную среднегодовую влагу накапливают почвы пологих склонов северной экспозиции и вогнутые склоны ложбин южной экспозиции. Максимум продуктивной влаги отмечен в ложбинах и на слабопологих склонах обеих экспозиций. По содержанию продуктивной влаги водораздельный тип фации ближе к показателям фаций северо-восточной экспозиции.

Продуктивная влага активно влияет на формирование уровня растительной массы, тем самым создает определенные условия для развития микробной фауны и процессов гумусообразования (табл. 2).

Таблица 2

Почвенно-агрохимическая характеристика и продуктивность фаций

Table 2

Soil-agrochemical characteristics and facies productivity

Показатели / Index	Типы фаций / Types of facies									НСР ₀₅ LSD ₀₅
	северная экспозиция northern exposure					южная экспозиция southern exposure				
	In	II _n	III _n	IV _n	V	Is	II _s	III _s	IV _s	
Содержание гумуса в почве, % Humus content in the soil, %	3,1	2,9	2,6	3	3,7	3,5	3,2	3,4	3,5	0,33
N-NO ₃ , мг/кг / N-NO ₃ , mg/kg	2,4	2,5	2,7	2,5	3,4	3,5	3,2	2,7	3,3	1,76
P ₂ O ₅ , мг/кг / P ₂ O ₅ mg/kg	40	40	33	40	44	10	13	9	10	8,96
K ₂ O, мг/кг / K ₂ O, mg/kg	293	292	300	295	350	258	286	245	244	31,73
pH почвенного раствора pH of soil	6,55	6,58	6,73	6,55	6,15	7,04	7,34	7,40	7,28	0,77
Урожайность, т/га Productivity, t/ha	1,8	1,4	1,3	1,6	2,9	1,4	1,5	1,1	1,3	0,80

В среднем слой почвы 0-30 см по всем типам фаций склона южной экспозиции содержит гумуса на 0,2% больше, чем типы фаций северного склона. Максимум приходит-



ся на водораздельную фацию (V) – 3,7%, что превышает фациальные показатели склона северной экспозиции на 0,5% и южной экспозиции на 0,3%. Среди типов фаций минимумы содержания гумуса в почве отмечены в фациях, размещённых, независимо от экспозиции склона, на слабопологих ложбинах и пологих склонах (II_n и III_n). На склоне южной экспозиции содержание гумуса в почве составило 3,2-3,4%, на склоне северной экспозиции – 2,9-2,6%.

Поступление органической массы и содержание гумуса в почве – основной источник для формирования минеральных питательных веществ. Наибольшее содержание нитратов (3,4 мг/кг) отмечено на водораздельном типе фации и на слабопологих склонах южной экспозиции (в среднем по типам фаций 2,8 мг/кг). Содержание нитратного азота в слое почвы 0-30 см склона северной экспозиции идёт равномерно по типам фаций и составляет в среднем 2,5 мг/кг, с небольшой аккумуляцией (2,7 мг/кг) на пологом вогнутом склоне (табл. 2).

В рамках исследуемого урочища наиболее обеспечена подвижным фосфором почва водораздельного типа фаций (V). Минимальное содержание подвижного фосфора в почве по полярным экспозициям приходится на пологие вогнутые склоны (III_n и III_s) – 33 и 9 мг/кг соответственно на склонах северной и южной экспозиций.

Выявлены существенные различия в содержании подвижного калия по типам фаций. Чернозем южный богат минералами монтмориллонитовой и гидрослюдной групп и поэтому содержание подвижного калия не находится в первом минимуме питания растений. Распределение подвижного калия по типам фаций определяется, прежде всего гранулометрическим составом почвы и активностью эрозионных процессов [7; 8]. Наибольшее содержание подвижного калия – 350 мг/кг характерно для повышенных форм рельефа (V), где пониженная интенсивность эрозионных процессов. Минимальное содержание анализируемого показателя отмечается на фациях I_n, II_n, IV_n склона северной экспозиции и на фациях III_s, IV_s склона южной экспозиции, где интенсивнее проявлялись процессы водной эрозии. В условиях высокой обеспеченности почвы подвижным калием различия по фациям в основном обусловлены активностью эрозионных процессов и уровнем потерь мелких фракций гранулометрического состава.

Содержание тяжёлых металлов в системе почва-растения-грунтовые воды на фациях ландшафта также является важным экологическим индикатором и отражает направления почвообразовательных процессов в ландшафте. Общемировая, в том числе и зональная, тенденция климатических изменений привела к ускорению процессов выщелачивания и миграции тяжёлых металлов в экосистемах [9; 10]. В наших исследованиях подтвердилась общая тенденция сокращения содержания подвижных форм тяжёлых металлов в почве фаций и увеличение их валовых форм. При этом почва и растения на склоне южной экспозиции содержат в 1,4-2,3 раза больше ионов Zn, Cu, Co, Cd, Hg, Ni и Pb, чем на склоне северной экспозиции. Минимальное содержание отмечено на пологих участках склонов (III), максимальное – на водоразделах 2-го порядка (IV).

Одним из важнейших критериев экологического состояния почвы является показатель реакции почвенного раствора (табл. 1, рис. 3).

В условиях активного проявления процессов водной эрозии величина его значения определяется состоянием материнской породы, а также гранулометрическим составом верхнего слоя и спектром химического и агрохимического состава почвы. Реакция почвенного раствора в среднем по фациям на склоне северной экспозиции составила 6,50 единиц, а на склоне южной экспозиции она оказалась на 10,6% выше, что указывает на более низкую экологическую устойчивость почв фаций выделенных на этом склоне.

Тестовым показателем экологического состояния выделенных фаций является урожайность возделываемой культуры (табл. 2, рис. 3).

При низкой активности поверхностного стока талых вод, близких по значениям высоты снегового покрова и глубины промерзания, среднее по фациям содержание продуктивной влаги в 0-30-ти сантиметровом слое почвы на склоне северной экспозиции было



на 12 мм или 20% выше, чем на склоне южной экспозиции. Более высокий уровень инсоляции на склоне южной экспозиции стимулировал процесс испарения влаги из почвы, что отрицательно отразилось на урожайности возделываемой культуры. Таким образом, несмотря на более высокую обеспеченность растений элементами потенциального и эффективного плодородия почв склона южной экспозиции, средняя урожайность на склоне северной экспозиции была на 0,2 т/га или 13,3% выше, чем на склоне южной экспозиции (табл. 2).

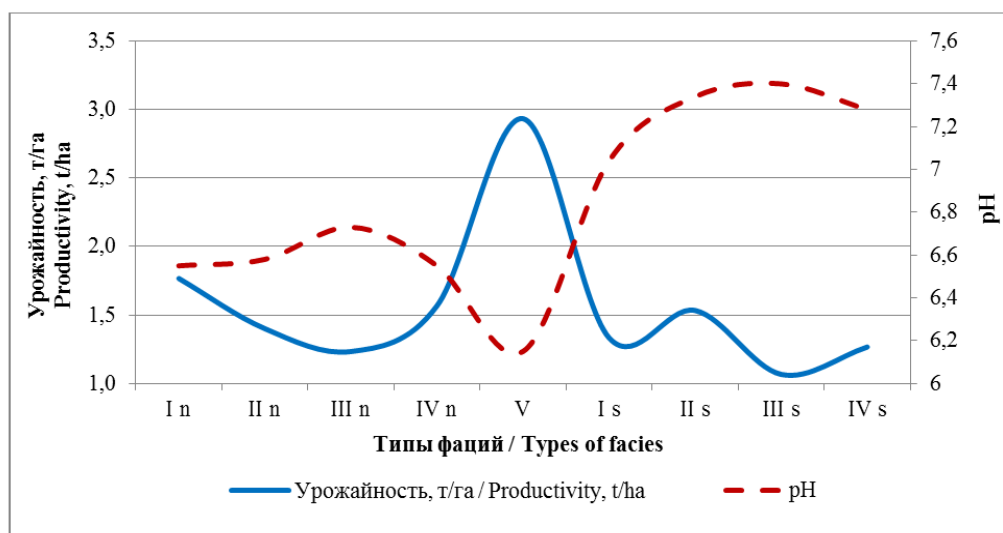


Рис.3. Реакция почвенного раствора (pH) и урожайность яровой пшеницы по типам фаций в урочище

Fig.3. Reaction of soil solution (pH) and yield of spring wheat according to the types of facies in the tract

Максимальная урожайность 2,9 т/га была получена на водораздельном типе фаций (V). В ряду типов фаций склона северной экспозиции более комфортная экологическая обстановка оказалась на слабополгих вогнутых склонах и слабополгих выпуклых склонах межложбинных водоразделов (In, IVn). Здесь урожайность яровой пшеницы составила соответственно 1,8 и 1,6 т/га. На склоне южной экспозиции максимум урожайности 1,4 т/га и 1,5 т/га отмечен на слабополгих вогнутых склонах и слабополгих вогнутых склонах ложбин (Is, IIs).

Наименьшей продуктивностью характеризуются фации на пологих склонах обеих экспозиций (II n, III n и III s, IV s). Основной причиной данной закономерности является, очевидно, несоответствие между поступающей инсоляцией и наличием запаса влаги в почве.

Анализ связей урожайности с основными почвенно-экологическими критериями и индикаторами агроландшафта выявил их различную взаимосвязь. Установлена тесная обратная связь ($r=-0,72$) между урожайностью яровой пшеницы и реакцией почвенного раствора (pH), с подвижными формами фосфора и калия соответственно средняя ($r=0,59$) и высокая ($r=0,84$). Зависимость уровня урожайности культуры от гумуса и нитратного азота была низкой ($r=0,39$) и ($r=0,28$).

ВЫВОДЫ

В полевых условиях с использованием ГИС-технологий на Елшано-Гусельской равнине выделена ландшафтная местность и внутри неё выявлены закономерности микроклимата, водных свойств почвы, элементов плодородия, а также уровня урожайности возделываемой культуры, связанные с морфологической расчлененностью местности, что



позволило провести пространственную и экологически обоснованную дифференциацию агроландшафта на уровне типов урочищ и фаций.

Среди элементов мезорельефа наиболее высоким уровнем экологической стабильности обладают склоны северной экспозиции. Здесь в среднем по всем типам фаций содержание продуктивной влаги оказалось на 13 мм (на 20%) больше, содержание подвижного фосфора и калия – на 27,5 и 37 мг/кг больше, при этом инсоляция была на 204 мДж/м² (на 4,7%) ниже, чем на фациях склона южной экспозиции. Содержание гумуса и нитратного азота на фациях склона южной экспозиции превысило значения фаций склона северной экспозиции на 0,2% и на 0,7 мг/кг (на 5,8% и 21,9%).

Содержание тяжёлых металлов в почвах и урожае пшеницы выше на склонах южной экспозиции и водоразделах второго порядка (IVs).

В соответствии с экологическими условиями агроландшафта урожайность на фациях склона северной экспозиции была на 0,2 т/га или 13,3% выше, чем на склоне южной экспозиции.

Максимальная урожайность 2,9 т/га была получена на водораздельном типе фаций (V). На склоне северной экспозиции более комфортными и продуктивными для яровой мягкой пшеницы (1,8 т/га) были слабополгие (1-3°) вогнутые склоны (In). На склоне южной экспозиции максимальная урожайность (1,5 т/га) была получена на слабополгих (1-3°) вогнутых склонах ложбин (IIs).

Анализ связей урожайности с основными почвенно-экологическими критериями и индикаторами агроландшафта выявил их различную взаимосвязь.

Дифференциация агроландшафта на типы урочищ и фаций позволяет изготовить и использовать карты различного назначения для решения вопросов экологизации и повышения продуктивности возделываемых культур в процессе хозяйственного использования земельных ресурсов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Солнцев Н.А. Учение о ландшафте (избранные труды). Москва: Издательство Московского университета, 2001. 384 с.
2. Pomazkova N.V., Abakumova V.Y. Analysis of the Role of Topography in the Spatial Differentiation of Landscapes Using Geoinformation and Statistical Methods // Contemporary Problems of Ecology. 2018. V. 11. Iss. 2. P. 137-149. Doi: 10.1134/S1995425518020099
3. Жидкин А.П., Геннадиев А.Н., Кошовский Т.С., Чендев Ю.Г. Пространственно-временные параметры латеральной миграции твердофазного вещества почв (Белгородская область) // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2016. N 3. С. 9-17.
4. Konovalova T.I., Plyusnin V.M. Development of the Geosystem Mapping Methodology // Geography and Natural Resources. 2018. V. 39. N 3. P. 197-203. Doi: 10.1134/S1875372818030022
5. Макаров В.З., Новаковский Б.А., Чумаченко А.Н. Эколого-географическое картографирование городов. Москва: Научный мир, 2002. 196 с.
6. Медведев И.Ф., Анисимов Д.А., Бочков А.А., Орлова И.А. Рельефные особенности перераспределения продуктивной влаги по профилю черноземной почвы в период её замерзания и разморозки. // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2012. N 11. С. 25-29.
7. Медведев И.Ф., Губарев Д.И., Графов В.П. Фациальная дифференциация земельных ресурсов как основа повышения экологизации агроландшафта // Земледелие. 2018. N 1. С. 10-15.
8. Marchetti A., Piccini C., Francaviglia R., Mabit L. Spatial distribution of soil organic matter using geostatistics: a key indicator to assess soil degradation status in Central Italy // Pedosphere. 2012. V. 22. Iss. 2. P. 230-242. Doi: 10.1016/S1002-0160(12)60010-1



9. Bonten L.T.C., Römkens P.F.A.M., Brus D.J. Contribution of Heavy Metal Leaching from Agricultural Soils to Surface Water Loads // *Environmental Forensics*. 2008. V. 9. Iss. 2-3. P. 252-257. Doi: 15275920802122981
10. Derevyagin S.S., Medvedev I.F., Nazarov V.A., Zelenova A.N., Sineltsev A.A., Zelenov V.A. Interrelation between climatic changes and content of heavy metals in chernozem soils of Saratov oblast Russia // *Ecology, Environment and Conservation*. 2017. V. 23. Iss. 3. P. 1691-1696.

REFERENCES

1. Solntsev N.A. *Uchenie o landshafte (izbrannyye trudy)* [The doctrine of landscape (selected works)]. Moscow, Moscow University Publ., 2001, 384 p. (In Russian)
2. Pomazkova N.V., Abakumova V.Y. Analysis of the Role of Topography in the Spatial Differentiation of Landscapes Using Geoinformation and Statistical Methods. *Contemporary Problems of Ecology*, 2018, vol. 11, iss. 2, pp. 137-149. Doi: 10.1134/S1995425518020099
3. Zhidkin A.P., Gennadiev A.N., Koshovskii T.S., Chendev Yu.G. Spatio-temporal parameters of the lateral migration of solid-phase soil matter (Belgorod Region). *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya* [Moscow University Bulletin. Series 5, Geography]. 2016, no. 3, pp. 9-17. (In Russian)
4. Konovalova T.I., Plyusnin V.M. Development of the Geosystem Mapping Methodology. *Geography and Natural Resources*, 2018, vol. 39, no. 3, pp. 197-203. DOI: 10.1134/S1875372818030022
5. Makarov V.Z., Novakovskii B.A., Chumachenko A.N. *Ekologo-geograficheskoe kartografirovaniye gorodov* [Ecological and geographical mapping of cities]. Moscow, Nauchnyi mir Publ., 2002, 196 p. (In Russian)
6. Medvedev I.F., Anisimov D.A., Bochkov A.A., Orlova I.A. The relief features of redistribution of available moisture on the black soils during its freezing – defrosting. *Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta imeni N.I. Vavilova* [Bulletin of the Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilova]. 2012, no. 11, pp. 25-30. (In Russian)
7. Medvedev I.F., Gubarev D.I., Grafov V.P. Facial Differentiation of Land Resources as a Basis for Promotion of the Ecologization of Agrolandscapes. *Zemledelie* [Zemledelie]. 2018, no. 1, pp. 10-15. (In Russian)
8. Marchetti A., Piccini C., Francaviglia R., Mabit L. Spatial distribution of soil organic matter using geostatistics: a key indicator to assess soil degradation status in Central Italy. *Pedosphere*, 2012, vol. 22, iss. 2, pp. 230-242. Doi: 10.1016/S1002-0160(12)60010-1
9. Bonten L.T.C., Römkens P.F.A.M., Brus D.J. Contribution of Heavy Metal Leaching from Agricultural Soils to Surface Water Loads. *Environmental Forensics*, 2008, vol. 9, iss. 2-3, pp. 252-257. Doi: 15275920802122981
10. Derevyagin S.S., Medvedev I.F., Nazarov V.A., Zelenova A.N., Sineltsev A.A., Zelenov V.A. Interrelation between climatic changes and content of heavy metals in chernozem soils of Saratov oblast Russia. *Ecology, Environment and Conservation*, 2017, vol. 23, iss. 3, pp. 1691-1696.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Иван Ф. Медведев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник отдела экологии агроландшафтов, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока, г. Саратов, Россия. ORCID ID: 0000-0002-7993-2411

AUTHOR INFORMATION

Affiliations

Ivan F. Medvedev, Doctor of agricultural sciences, Professor, chief researcher, Department of agrolandscape ecology, Agricultural Research Institute of South-East Region, Saratov, Russia. ORCID ID: 0000-0002-7993-2411



Денис И. Губарев, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела экологии агроландшафтов, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока, г. Саратов, Россия. ORCID ID: 0000-0003-4519-9925

Сергей С. Деревягин*, кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель директора по научной работе, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока, Россия г. Саратов, 410010, ул. Тулайкова, д.7. тел. (88452) 64-76-88, 8 927 135 43 60, e-mail: sergey_derevyagin@mail.ru
ORCID ID: 0000-0002-1836-7199.
Scopus Author ID: 57200366078

Михаил Ю. Несветаев, младший научный сотрудник отдела экологии агроландшафтов, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока, г. Саратов, Россия. ORCID ID: 0000-0002-2999-3363

Александр Ю. Верин, младший научный сотрудник отдела экологии агроландшафтов, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока, г. Саратов, Россия.

Наталья В. Мищенко, доктор биологических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» (ВлГУ), г. Владимир, Россия.

Критерии авторства

Все авторы в равной степени участвовали в написании рукописи, и несут ответственность за плагиат и самоплагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 26.11.2018

Принята в печать 20.12.2018

Denis I. Gubarev, Candidat of agricultural sciences, leading researcher Department of agrolandscape ecology Agricultural Research Institute of South-East Region, Saratov, Russia. ORCID ID: 0000-0003-4519-9925

Sergey S. Derevyagin*, Candidat of agricultural sciences, deputy director for science Agricultural Research Institute of South-East Region. Postal address: 410010, Russia, Saratov, Tulaikov Street, 7, tel.: (88452) 64-76-88, 8 927 135 43 60, e-mail: sergey_derevyagin@mail.ru
ORCID ID: 0000-0002-1836-7199.
Scopus Author ID: 57200366078

Mikhail Yu. Nesvetaev, junior researcher, Department of agrolandscape ecology Agricultural Research Institute of South-East Region, Saratov, Russia.
ORCID ID: 0000-0002-2999-3363

Alexander Yu. Verin, junior researcher Department of agrolandscape ecology Agricultural Research Institute of South-East Region, Saratov, Russia.

Natalia V. Mishchenko, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov's, Vladimir, Russia.

Contribution

All authors equally participated in writing the manuscript and are responsible for avoiding the plagiarism and self-plagiarism.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 26.11.2018

Accepted for publication 20.12.2018