

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УРОВНЯ ПОЧВО-АГРОХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПАШНИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ФАЦИЙ ВНУТРИ ТИПОВ УРОЧИЩ АГРОЛАНДШАФТА ПРИВОЛЖСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

МЕДВЕДЕВ Иван Филиппович, ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока»

НЕСВЕТАЕВ Михаил Юрьевич, ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока»

ГУБАРЕВ Денис Иванович, ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока»

БЕРИН Александр Юрьевич, ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока»

КОРСАК Виктор Владиславович, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

ПОПОВ Геннадий Николаевич, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

На землепользовании ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока» выделены 2 типа урочищ с 9 типами фаций на них. На всех типах фаций изучены особенности распределения основных экологических факторов формирования почвенного плодородия и продуктивности возделываемых культур. Вычислены корреляционные зависимости между приходом тепла и влажностью почвы на уровне типов фаций. Рассмотрены различия в содержании продуктивной влаги в почвах выделенных фаций по сезонам года. Выявлены показатели среднего содержания гумуса по типам фаций. Обеспеченность подвижными формами фосфора и калия находится на достаточно высоком уровне и не требует дополнительного внесения фосфорных и калийных удобрений. В соответствии с экологическими почвенными условиями формируется урожай яровой пшеницы. На водораздельном типе урочищ он составил 2,9 т/га, а на урочищах северо-восточного и юго-западного склонов 1,5 и 1,3 т/га.

Введение. Из всех компонентов физико-географического процесса в агроландшафте одним из самых важных и определяющих (после подстилающих пород, продукт выветривания которых – почвы) является соотношение тепла и влаги [6], обусловленное морфологической структурой ландшафта.

Морфоструктура местности, ее пространственная неоднородность обуславливают характер почвенно-агрохимической обеспеченности (гумус, минеральный азот, подвижные формы фосфора, калия, реакции почвенного раствора) на типах урочищ и фаций и являются следствием их активного взаимодействия [4].

Целью исследования является экологическая характеристика различных типов урочищ и фаций, выраженная уровнем их агрохимической обеспеченности в условиях различного проявления микроклимата, и изучение их влияния на сельскохозяйственную продуктивность территории.

Методика исследований. На основе ранее проведенного морфоструктурного анализа методами ландшафтного картографирования [2] с помощью ГИС были выделены 2 типа урочищ и 9 типов фаций, принадлежащих анализируемым типам урочищ на агроместности полей ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока».

Исследования проводили на черноземах южных, сформированных на четвертичных отложениях глинистого и тяжелосуглинистого гранулометрического состава на зернопаровом шестипольном севообороте НИИСХ Юго-Востока. В рамках экологической оценки распаханых агроландшафтов исследовали 9 типов фаций: In – слабополгие (2,14°) вогнутые склоны северо-восточной экспозиции; In – слабополгие (2,61°) вогнутые склоны ложбин

северо-восточной экспозиции; III_n – пологие (3,53°) вогнутые склоны северо-восточной экспозиции; IV_n – слабополгие (2,50°) выпуклые склоны межложбинных водоразделов северо-восточной экспозиции; V – плоская (1,29°) выпуклая водораздельная поверхность; Is – слабополгие (2,14°) вогнутые склоны юго-западной экспозиции; Ps – слабополгие (2,61°) вогнутые склоны ложбин юго-западной экспозиции; III_s – пологие (3,53°) вогнутые склоны юго-западной экспозиции; IV_s – слабополгие (2,50°) выпуклые склоны межложбинных водоразделов юго-западной экспозиции.

Урочище – это природный территориальный комплекс, состоящий из отдельных фаций, базирующихся на элементах мезоформы рельефа. Фация – это такой природный территориальный комплекс, на всем протяжении которого сохраняются одинаковая литология поверхностных пород, одинаковый характер рельефа и увлажнения, один микроклимат, одна почвенная разность и один биоценоз. Методика деления индивидуальных морфологических единиц на типологические градации подробно описана в трудах Н.А. Солнцева [6].

Наблюдения за водным режимом почвы, элементами плодородия проводили по стандартным методикам. Уровень урожайности яровой пшеницы оценивали методом линейных метров в пятикратной повторности. Исследуемая культура – яровая мягкая пшеница сорта Саратовская 70. Среднегодовую суммарную солнечную радиацию рассчитывали в ГИС специальным инструментом, учитывающим широту, топографическую основу местности, среднесуточную облачность. Вычисления и визуализация данных произведены с помощью и на базе ГИС и Microsoft Excel.





Результаты исследований. Экологическое состояние почвенного покрова формируется под влиянием множества факторов, основными из которых являются литология подстилающих пород, рельеф, климат, растительный покров и хозяйственная деятельность человека.

Согласно проведенным ранее исследованиям [3], рассматриваемая территория является частью ландшафта Елшано-Гусельской равнины на Приволжской возвышенности и представляет собой местность с двумя типами урочищ. Это выпуклые и слабовыпуклые водораздельные пространства с эрозионными и аккумулятивными склонами различной степени расчлененности. Рельеф анализируемых урочищ формирует различный микроклимат. Характер микроклимата различных урочищ и фаций, а также уровень их почвенного плодородия формирует экологическое состояние агроландшафта и позволяет проектировать различные типы севооборотов и систем повышения плодородия почв. Особенности микроклимата и экологическое состояние почвы, обеспеченность питательными элементами различных морфологических частей выражаются в продуктивности возделываемых культур рассматриваемой агроместности.

Основным фактором, формирующим уровень плодородия почвы в урочище и фациях, наряду с другими факторами, является лучистая энергия Солнца. Приход лучистой энергии солнца согласно интерполяции данных солнечной активности анализируется по выделенным контурам (табл. 1; см. обложку, рис. 1). Анализ распределения показателей лучистой энергии Солнца подтверждает приуроченность склонов к различным экспозициям. Максимально обеспечены солнечной энергией склоны ложбин обеих экспозиций, минимально – пологие склоны на северном склоне и слабопологие склоны на южной экспозиции. Междолинные водоразделы (водоразделы 2-го порядка) занимают промежуточное положение между ними. Водораздельный тип урочища по обеспеченности солнечной энергией занимает промежуточное положение между полярными склонами.

В перечне рассматриваемых экологических факторов большое значение имеет влагообеспеченность. Уровень содержания продуктивной влаги почвы по типам фаций представлен на рис. 1 (см. обложку).

Исследования показали, что на северном и южном склонах наблюдается близкая по значениям динамика влаги в период вегетации культуры с трендом уменьшения среднегодового показателя влажности почвы от урочищ северного к урочищам южного склона. Весной максимум влаги в слое почвы 0–50 см наблюдается на водоразделе (75,1 мм). По типам фаций склонов выявлена тенденция снижения показателя на склоне северной экспозиции от водоразделов 2-го порядка (73,9 мм) к ложбинам (73,1 мм), пологим склонам (73,0 мм) и слабопологим склонам (69,5 мм), а на южном – от ложбин (72,9 мм) к пологим (67 мм), слабопологим склонам

(66,6 мм) и водоразделам 2-го порядка (64,9 мм).

В летний период склоновый тип урочищ отличается одинаковой динамикой – от слабопологих склонов (58,1 мм на северных и 29,5 мм на южных урочищах) к ложбинам (53,2 и 26,9 мм), междолинным водоразделам (40,2 и 17,4 мм) и пологим склонам (21,9 и 2,4 мм) при показателях главного водораздела выше средних (47,3 мм).

Осенью динамика изменения почвенной влаги идет по пути от ложбин (83,8 и 75,1 мм) к слабопологим (78,1 и 74,6 мм), пологим склонам (73,0 и 61,9 мм), водоразделам второго порядка (69,7 и 57,3 мм). Гусельский водораздел имеет запасы влаги чуть ниже среднего на местности (66,6 мм). Меньшая дисперсия влажности в весенний период только подтверждает то, что подтип почвы на рассматриваемых урочищах одинаков, следовательно, одинаковы ее физические свойства, влияющие на накопления продуктивной влаги в ней.

Фации пологих склонов обеих экспозиций испытывают недостаток влаги в летний и осенний периоды из-за того, что она активно мигрирует вниз по профилю почвы [1, 5]. На южных склонах к этому прибавляется еще и повышенный приход тепла. Эти склоны по сравнению с северными склонами имеют преимущественно южную направленность ввиду меньшей расчлененности. Отмечено, что ложбины южной экспозиции летом испытывают недостаток влаги в почве на склоне южной экспозиции, поэтому приход солнечной радиации на них максимален, что ведет к быстрой потере влаги вследствие ее испарения.

Хорошо характеризуют дисперсию на представленных урочищах и фациях процентные отношения к средним показателям продуктивной почвенной влаги по сезонам года (табл. 2). Таким образом, за исключением весеннего периода фации обеих экспозиций склона имеют сходные показатели запасов продуктивной почвенной влаги, что указывает на прочную основу выделенных нами контуров.

Таблица 1

Соотношение продуктивной почвенной влаги и средней влажности на местности по сезонам года и показатели солнечной активности

Тип урочища	Тип фации	Весна		Лето		Осень	
		влага, %*	суммарная солнечная радиация, МДж/м ²	влага, %*	суммарная солнечная радиация, МДж/м ²	влага, %*	суммарная солнечная радиация, МДж/м ²
Склоновый	I n	98,4	1382	176,1	1930	109,8	558
	II n	103,5	1372	161,3	1929	117,7	557
	III n	103,3	1366	66,4	1917	102,6	548
	IV n	104,6	1374	121,8	1925	97,9	553
Водораздельный	V	106,3	1410	143,3	1959	94	580
Склоновый	I s	94,2	1422	89,5	1967	104,8	589
	II s	103,1	1441	81,5	1984	105,6	604
	III s	94,8	1447	7,2	1987	87	608
	IV s	91,8	1437	52,8	1979	80,5	601
	Сред., мм**	70,7	–	33	–	71,1	–
	Сред., МДж/м ²	–	1405,6	–	1953	–	577,5

* процент от средней продуктивной влажности почвы на местности; ** средний показатель продуктивной влажности на местности.



Таблица 2

Почвенно-агрохимическая характеристика почв типов фаций и урожайность яровой пшеницы в среднем за 3 года (2015–2017 гг.)

Тип урочища	Тип фации	Содержание гумуса, %	N-NO ₃ , мг/кг	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг	pH	Урожайность яровой пшеницы, т/га
Склоновый	I n	3,1	2,4	40,1	292,5	6,55	1,8
	II n	2,9	2,5	39,9	292,3	6,58	1,4
	III n	2,6	2,7	32,8	300,1	6,73	1,3
	IV n	3,2	2,5	39,8	295,2	6,55	1,6
Водораздельный	V	3,7	3,4	43,6	350	6,15	2,9
Склоновый	I s	3,53	3,5	10,4	257,9	7,04	1,4
	II s	3,2	3,2	13,1	286	7,34	1,5
	III s	3,45	2,7	9,2	245,2	7,4	1,1
	IV s	3,49	3,3	9,6	244	7,28	1,3
НСР ₀₅	–	0,76	1,67	13,35	31,73	0,77	0,8

Немаловажное значение в обводненности почвы играет наличие в ней органического вещества, а также способность гумуса продуцировать макроэлементы (минеральный азот, подвижные формы фосфора и калия) при благоприятной реакции почвенного раствора. Содержание гумуса и обеспеченность макроэлементами почвы наряду с запасами продуктивной влаги – основа плодородия почв и важный показатель обоснования типов урочищ и фаций, их экологической устойчивости.

Динамика изменениям гумуса и продуцируемая им нитрификационная способность определяется многими факторами почвенного образования. Это, прежде всего, рельеф урочищ и фаций, их почвенный гранулометрический состав, наличие различных видов эрозии, особенности микроклимата, длительность сельскохозяйственного использования почвы.

Наблюдения показали, что содержание гумуса и нитрификационная способность почвы изменяются внутри урочищ по типам фаций сходным образом ($r = 0,71$), увеличиваясь в фациях юго-западного склона, с максимумом на плакорном урочище (см. табл. 2; см. обложку, рис. 2). По фациям накопление гумуса определяется рельефом урочища. Минимальное его содержание отмечалось на пологих склонах северной экспозиции и в ложбинах на южной экспозиции. На слабопологих склонах и на водоразделах второго порядка содержание гумуса по сравнению с пологими склонами и ложбинами увеличивается, поэтому на них более высокая продуктивность яровой пшеницы, которая способствует накоплению органического вещества за счет более высоких поступлений корневых остатков в почву.

Один из основных факторов формирования продуктивности культуры наряду с гумусом – обеспеченность почвы минеральным азотом. Способность гумуса продуцировать минеральный азот определяется его качественным составом. Анализ нитрификационной способности почвы на различных фациях выявил близкие к закономерности изменения гумуса. Нитрификационная способность гумуса почвы оказалась выше на пологих склонах северной экспозиции и слабопологих склонах южной мезоэкспозиции. Минимум запасов минерального азота наблюдался на слабопологих склонах «холодной» и пологих склонах «теплой» экспозиции при сред-

них показателях в ложбинах и водоразделах 2-го порядка. Отмечено, что содержание гумуса и N-NO₃ увеличивается с увеличением суммарной солнечной радиации и активности микробиологической деятельности почвы. При этом коэффициент корреляции составил соответственно $r = 0,72$ и $r = 0,63$.

Важным экологическим фактором стабильности урожая является обеспеченность почвы подвижными формами фосфора и калия (см. табл. 2; см. обложку, рис. 3). Максимальное накопление подвижных форм фосфора и калия отмечается на водоразделе. Выявлена закономерность связи подвижного фосфора и калия в почве с фациями. Подвижный фосфор и калий – продукт минералогического состава почвы, определяется активностью формирования растительного сообщества. Более мощная корневая система имеет возможность за счет корневых выделений минеральных кислот увеличивать выход подвижного фосфора и калия из нерастворимых природных фосфорсодержащих комплексов и минералов типа монтмориллонит и каолинит.

Фосфор и калий практически одинаково накапливаются на урочищах северо-восточной экспозиции на слабопологих склонах, ложбинах и водоразделах 2-го порядка с минимумом на пологих склонах. На южной экспозиции максимальное содержание подвижных форм фосфора и калия в почве отмечено в ложбинах, что связано с активностью их перемещения с эрозионными стоками. На склонах северной экспозиции обнаружены их повышенные значения. На южном склоне идет накопление элементов с максимумом в ложбинах и минимумом на пологих склонах и водоразделах 2-го порядка. На северном склоне калий максимально накапливается на пологих склонах при средних показателях на водоразделах 2-го порядка и минимально – на слабопологих склонах и ложбинах. Содержание фосфора и калия в урочищах очень сильно коррелирует между собой ($r = 0,81$). В целом отмечено, что калий лучше накапливается там, где влажность ниже ($r = 0,67$).

Реакция почвенного раствора играет важную роль в стабилизации экологического состояния почвы (см. табл. 2; см. обложку, рис. 4). С повышением крутизны склона почвенная среда вследствие эрозионного смыва почвы и приближения материнской породы к ее поверхности становится более щелочной. Значения реакции почвенного раствора очень сильно коррелируют с показателями подвижных форм фосфора ($r = -0,94$) и калия ($r = -0,86$).

Выявлен достаточно высокий уровень связи продуктивности возделываемой яровой пшеницы с содержанием в почве гумуса, обеспеченностью продуктивной влагой и минеральными макроэлементами (см. табл. 2). Плакорный тип урочища имеет идеальные условия на рассматриваемой местности в плане возделывания этой культуры. Отсутствие эрозии, оптимальная инсоляция и продуктивная влажность почвы способствуют повышению уровня плодородия и, следовательно, высокой урожайности [3]. Максимальная урожайность яровой пшеницы в опыте была получена на типах фаций, базиру-



ющихся на склоне северной экспозиции. В среднем по фациям урожайность яровой пшеницы на склоне северной экспозиции составила 1,5 т/га, а на типах фаций южной экспозиции – 1,3 т/га. Более благоприятные экологические условия на склоне северной экспозиции (запас продуктивной влаги, обеспеченность почвы минеральными питательными элементами при более низкой солнечной активности на фациях склона северной экспозиции, особенно в засушливые годы) позволили достичь высокой урожайности яровой пшеницы. На типах фаций склона северной экспозиции максимальная урожайность (1,8 т/га) была получена на водораздельном урочище, минимальная – на пологих склонах (1,3 т/га). На склоне южной экспозиции более высокую урожайность яровой пшеницы отмечали на ложбинах (1,5 т/га) и слабопологих склонах (1,4 т/га).

Заключение. В ряду рассматриваемых типов урочищ максимальная солнечная активность наблюдалась на склоне южной экспозиции (4268,4 МДж/м²), минимальная – на склоне северной экспозиции (4083 МДж/м²) при средних показателях водораздельного типа урочищ (4194,7 МДж/м²). Исследования показали, что на северном и южном склонах наблюдается близкая по значениям динамика влаги в период вегетации культуры. При этом отмечается уменьшение среднегодового показателя влажности почвы от типов урочищ северного склона к урочищам южного склона с вариациями по типам фаций, выражающимися изменением от фаций ложбин к фациям слабопологих, пологих склонов и межложбинных водоразделов.

Минимальное содержание гумуса отмечалось на пологих склонах северной экспозиции и в ложбинах на южной экспозиции. Показатели нитрификационной способности почвы оказались более высокими на пологих склонах северной экспозиции и слабопологих склонах южной мезоэкспозиции.

Разнообразные экологические условия на почвах рассматриваемых фаций отразились на уровне урожайности яровой пшеницы. Солнечная активность, недостаток влаги и активность всех видов эрозии негативно отражаются на урожайности культуры. Минимальная продуктивность отме-

чена на склоне южной экспозиции – 1,1 т/га; на северо-восточной экспозиции – 1,3 т/га с максимумом на водораздельном типе урочищ (2,9 т/га).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кабанов П.Г. Весенний сток и пути его уменьшения // Науч. тр. НИИСХ Юго-Востока. – 1972. – Вып. 31. – С. 247–270.
2. Ландшафтное картографирование: учеб.-метод. пособие. – Саратов, 2013. – 100 с.
3. Макаров В.З., Новаковский Б.А., Чумаченко А.Н. Эколого-географическое картографирование городов. – М.: Науч. мир, 2002. – 196 с.
4. Медведев И.Ф., Губарев Д.И., Графов В.П. Фациальная дифференциация земельных ресурсов как основа повышения экологизации агроландшафта // Земледелие. – 2018. – № 1. – С. 10–15.
5. Медведев И.Ф., Левицкая Н.Г., Стрижков Н.И. Современная оценка и тенденции климатических изменений поверхностного стока на черноземных почвах // Аграрный научный журнал. – 2016. – № 4. – С. 19–24.
6. Солнцев Н.А. Учение о ландшафте (избранные труды). – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2001. – 384 с.

Медведев Иван Филиппович, д-р с.-х. наук, проф., главный научный сотрудник, ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока». Россия.

Несветаев Михаил Юрьевич, младший научный сотрудник, ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока». Россия.

Губарев Денис Иванович, канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока». Россия.

Верин Александр Юрьевич, младший научный сотрудник, ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока». Россия.

410010, г. Саратов, ул. Тулайкова, 7.

Тел.: (8452) 64-76-88.

Корсак Виктор Владиславович, д-р с.-х. наук, проф. кафедры «Инженерные изыскания, природообустройство и водопользование», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

Попов Геннадий Николаевич, д-р с.-х. наук, проф. кафедры «Земледелие, мелиорация и агрохимия», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

410056, г. Саратов, ул. Советская, 60.

Тел.: (8452) 74-96-51.

Ключевые слова: почвы; агроместность; агроландшафт; микроклимат; рельеф; морфоструктура; мезоформа; склоны северной и южной экспозиции; мезоэкспозиция; урочища.

ECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE LEVEL OF THE SOIL-AGROCHEMICAL STATE OF ARABLE LAND OF VARIOUS TYPES OF FACIES WITHIN THE TYPES OF TRACTS OF THE AGRICULTURAL LANDSCAPE IN THE VOLGA UPLAND

Medvedev Ivan Philippovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher, Research Agricultural Institute for South-East Region. Russia.

Nesvetaev Mikhail Yurievich, Younger Researcher, Research Agricultural Institute for South-East Region. Russia.

Gubarev Denis Ivanovich, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Research Agricultural Institute for South-East Region. Russia.

Verin Aleksandr Yuryevich, Younger Researcher, Research Agricultural Institute for South-East Region. Russia.

Korsak Viktor Vladislavovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the chair "Environmental Management and Water Use", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Popov Gennadiy Nikolayevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the chair "Agriculture, Amelioration and Agrochemistry", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Keywords: soil; agricultural area; agricultural landscape; microclimate; relief; morphostructure; mesoform; the slopes of the northern and southern exposure; mesoexposure; tracts.

On land use of the Research Agricultural Institute for South-East Region, there are 2 types of tracts with 9 types of facies on them. In all facies, the features of the distribution of the main environmental factors in the formation of soil fertility and productivity of cultivated crops were studied. The differences in the content of productive moisture in the soils of these facies by the seasons of the year are considered. Indicators of the average content of humus by type of facies are identified. The availability of mobile forms of phosphorus and potassium is at a sufficiently high level and does not require additional application of phosphate and potash fertilizers. The harvest of spring wheat is formed in accordance with the ecological soil conditions. On the watershed type of tracts, it was 2.9 t/ha, and on the tracts of the northeastern and southwestern slopes - 1.55 and 1.3 t/ha respectively.