

2. Vinogradov V.N. Problemy okhrany prirody i ratsionalnogo ispolzovaniia prirodnykh resursov // Lesn. khoz-vo. – 1984. – No. 7. – S. 7.

3. Zaidelman F. R. Melioratsiia pochv. – Moskva: Izd-vo MGU, 2004. – 205 s.

4. Makarychev S. V. Fizicheskie osnovy ekologii / S. V. Makarychev, M. A. Mazirov: uchebnoe posobie. – Vladimir: Izd-vo VNIISKh, 2000. – 342 s.

5. Volkova L.B. Predlozheniia po ukhodu za raznotravnyimi gazonami i ikh primeneniiu / L.B. Volkova, N.A. Sobolev // Problemy ozeleneniia gorodov. Materialy (VNI-i) obshchegorodskoi konferentsii, Moskva, 9 dekabria 2004 g). – Vyp. 10. – Moskva: Prima-M, 2004. – S. 125-128.

6. Diev M.M. K ispolzovaniiu dekorativnykh travianistykh rastenii v parkakh i lesoparkakh //

Dekorativnye travianistye rasteniia dlia naselennykh punktov i sadovykh uchastkov Podmoskovia. – Moskva, 1990. – S. 43-47

7. Bolotov A.G. Gidrofizicheskoe sostoianie pochv iugo-vostoka Zapadnoi Sibiri: diss. ... doktora biol. nauk. – Moskva: MGU imeni M.V. Lomonosova, 2017. – 351 s.

8. Makarychev S.V. Teplofizicheskie osnovy melioratsii pochv. – Barnaul: Izd-vo AGAU. – 279 s.

9. Bolotov, A., Shein, E., Makarychev, S. (2019). Water Retention Capacity of Soils in the Altai Region. *Eurasian Soil Science*. 52: 187-192. Doi: 10.1134/S1064229319020030.

10. Vadiunina A.F. Metody issledovaniia fizicheskikh svoistv pochvy / A.F. Vadiunina, Z.A. Korchagina. – Moskva: Agropromizdat, 1986. – 416 s.



УДК 631.445.51:631.412.(571.150)

Е.Г. Пивоварова, Е.В. Кононцева, В.С. Курсакова

DOI: 10.53083/1996-4277-2021-202-08-44-49

Ye.G. Pivovarova, Ye.V. Konontseva, V.S. Kursakova

АГРОХИМИЧЕСКИЕ И АГРОФИЗИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КАШТАНОВЫХ ПОЧВ ЗОНЫ СУХОЙ СТЕПИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

AGROCHEMICAL AND AGROPHYSICAL FEATURES OF HAPLIC KASHTANOZEMS IN VARIOUS SOIL REGIONS OF THE ALTAI REGION'S DRY STEPPE ZONE

Ключевые слова: агрохимические свойства, классификация почв, классификационные границы, информационно-логический анализ, таксономический вес признака.

Разработаны математические модели региональных эталонов почв для зоны сухой степи, в которой в соответствии с почвенно-географическим районированием Алтайского края выделяются 4 почвенных района. Показано, что таксономические границы агрохимических и агрофизических свойств почвенных эталонов в разных почвенных районах могут существенно отличаться. Это послужило основанием для того, чтобы дифференцировать региональную классификацию почв на уровне почвенных районов. Показаны существенные различия агрохимических свойств различных подтипов каштановых почв 4 почвенных районов. Эти различия обусловлены геохимическими особенностями их генезиса и агрогенных трансформаций. Агрохимические свойства отражают изменения, связанные с длительным сельскохозяйственным использованием почв сухой степи: агроистощение по содержанию подвижных питательных веществ, поглощенных оснований, а изменение агрофизических свойств – деградацию каштановых почв в результате дефляции. Об этом свиде-

тельствует снижение содержания глинистых и илистой фракций в гранулометрическом составе пахотного горизонта почв по сравнению с подпахотным горизонтом. Классификационные границы региональных эталонов почв предлагается использовать для мониторинга их агрохимического и экологического состояния.

Keywords: agrochemical properties, soil classification, classification boundaries, information-logical analysis, taxonomic weight of a soil feature

The mathematical models of regional soil standards for the dry steppe zone were developed. Four soil regions were identified in the dry steppe zone in accordance with the soil-geographic zoning of the Altai Region. It is shown that the taxonomic boundaries of the agrochemical properties of the soil standards may differ in different soil regions. On that ground, the regional soil classification at the level of soil regions was differentiated. Significant differences of the agrochemical properties of the Kashtanozem soil subtypes in four soil regions are shown. These differences are due to the geochemical features of their genesis and agro-genic transformations. The agrochemical properties reflect the changes associated with the long-term agricultural use of dry steppe soils: agricultural depletion of mobile nutrient

content, absorbed bases and the changes of agrophysical properties - the degradation of Kashtanozems caused by deflation. This is proved by the decreased content of clay and silt fractions in the particle-size composition of the

plowing soil horizon. It is proposed to use the classification boundaries of regional soil standards for monitoring their agrochemical and ecological state.

Пивоварова Елена Григорьевна, д.с.-х.н., доцент, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: pilegri@mail.ru.

Кононцева Елена Владимировна, к.с.-х.н., доцент, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: kononцеваasau@mail.ru.

Курсакова Валентина Сергеевна, д.с.-х.н., профессор, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: kursakova-v@mail.ru.

Pivovarova Yelena Grigoryevna, Dr. Agr. Sci., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: pilegri@mail.ru.

Konontseva Yelena Vladimirovna, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: kononцеваasau@mail.ru.

Kursakova Valentina Sergeyevna, Dr. Agr. Sci., Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: kursakova-v@mail.ru.

Введение

Любая базовая классификация почв, по мнению И.А. Соколова, – это выражение определенной научной концепции, но для того чтобы эта система имела прикладное значение, требуются доработка и уточнение количественных параметров, адаптация ее к местным условиям [1]. Геоморфологические особенности зоны каштановых почв Алтайского края послужили для нас основанием для того, чтобы при разработке зональных эталонов почв дифференцировать их по почвенным районам. Как было показано в предшествующих работах, разработка региональных эталонов позволяет проводить пространственный и долгосрочный мониторинг за состоянием почв и его изменением под антропогенным воздействием [2, 3]. **Целью** работы являлось доказательство количественных различий по агрохимическим и агрофизическим свойствам у одинаковых подтипов каштановых почв в 4 почвенных районах зоны сухой степи Алтайского края.

Объекты и методы исследований

Зона каштановых почв сухих степей является наиболее засушливой почвенной зоной Алтайского края и состоит из 4 почвенных районов. Различия в почвенном покрове в основном обусловлены особенностями геоморфологического строения данной территории. 1-й почвенный район – темно-каштановые почвы – расположен в пределах не дренированной плоско-увалистой равнины. В пределах 2-го почвенного района – каштановые почвы – темно-каштановые почвы встречаются крайне редко и не являются региональными. Более сложный почвенный покров 3-го почвенного района – темно-каштановые и каштановых почв с большими массивами солонцов – объясняется тем, что он расположен в об-

ласти дельт ложбин древнего стока, где песчаные всхолмления чередуются с плоскими пониженными равнинами, которые сложены более тяжелыми наносами и изрезаны озерными понижениями. Для 4-го почвенного района – темно-каштановые и каштановые солонцеватые почвы – характерно чередование гривок и плоских ложин в пределах дельтовой равнины.

В качестве методической основы был использован информационно-логический анализ [4], позволяющий установить тесноту связи между агрохимическими свойствами и таксономической группой почв (коэффициент эффективности передачи информации Кэфф), а также обосновать классификационные границы зональных (региональных) почв с помощью специфических (наиболее вероятных) состояний агрохимических свойств почв в зависимости от принадлежности почвы к определенной таксономической группе (подтипу каштановых почв).

Результаты исследований

Специфика почвообразования в различных почвенных районах сказалась и на трансформации свойств почв одного и того же подтипа в различных почвенных районах. Так, темно-каштановые почвы 1-го почвенного района (1 ПР) даже за период длительного сельскохозяйственного использования сохранили мощность до 40 см и более, в 4 ПР мощность гумусового горизонта снижается до 35-40 см и достигает минимума в 3 ПР – 30-35 см. В то же время классификационные границы темно-каштановых почв по содержанию гумуса в 3 ПР составляют 3,1-3,5%, в 1 ПР – 2,5-3,0, а в 3 ПР – 2,0-2,5%. Такая же закономерность характерна и для содержания валового азота, уровень которого в темно-каштановых почв 1 ПР и 3 ПР составляет 0,10-0,15%, а в 4 ПР – 0,20-0,25%.

С другой стороны, **темно-каштановые** почвы разных почвенных районов не отличаются по величине рНв: в пахотном горизонте это нейтральная или слабощелочная реакция, которая сменяется на щелочную. Также не отмечается существенной дифференциации профиля темно-каштановых почв по гранулометрическому составу – в основном это легко суглинистые почвы с содержанием физической глины 25,0-30,0%. Облегчение гранулометрического состава достоверно идентифицируется только в темно-каштановых почвах 1 ПР по содержанию ила 5,0-10,0%, по сравнению с более глубокими горизонтами 20,0-25,0%. Это может объясняться развитием дефляционных процессов и облегчением пахотного горизонта за счет выдувания илистой фракции [5, 6]. Однако в 3 ПР этой закономерности не наблюдается, а 4 ПР районе пахотный горизонт темно-каштановых почв более тяжелый (20,0-25,0% илистой фракции), по сравнению с нижележащими горизонтами (10,0-15,0%).

Индикаторами агрогенной деградации почв может служить изменения в характере распределения свойств почв по профилю. Как известно, в каштановых почвах основным почвообразовательным процессом является дерновый, а результатом его воздействия на почвообразующую породу – аккумулятивный характер распределения биогенных элементов в профиле почв [7, 8]. Эта закономерность может нарушаться при агроистощении почв, их деградации за счет эрозионных процессов и т.п. Анализ специфических состояний агрохимических свойств темно-каштановых почв показал более высокий уровень содержания подвижного фосфора (20,0-25,0 мг/100 г почвы) во 2-м и 3-м почвенном районе по сравнению с 1 ПР (5,0-10,0 мг/100 г почвы), что обусловлено различиями минералогического [9] и гранулометрического состава (по содержанию илистой фракции). В то же время в профиле темно-каштановых почв 3 ПР отмечается нарушение аккумулятивного характера распределения фосфора: в пахотном горизонте содержание подвижного фосфора варьирует в широких пределах (15,0-25,0 мг/100 г почвы), но не превышает содержания P_2O_5 в подпахотном горизонте (20,0-25,0 мг/100 г почвы). Аналогичная закономерность прослеживается и в распределении поглощенных оснований в профиле темно-каштановых почв во всех почвенных районах: содержание поглощенных катионов в пахотном горизонте либо такое же как, в подпахотном (1 ПР и 3 ПР), ли-

бо ниже, чем в подпахотном (3 ПР). Это свидетельствует об агроистощении почв в отношении поглощенного кальция и магния. Отсутствие химических мелиораций и отказ от кальциевых удобрений в дальнейшем может привести к существенному дисбалансу питательных веществ в почвах и, как результат, к снижению урожайности сельскохозяйственных культур.

Подтип каштановых почв встречается во всех 4 почвенных районах зоны сухой степи (табл. 2). Отличительные особенности этого подтипа в различных почвенных районах касаются в основном таких показателей, как сумма поглощенных оснований, содержание подвижных питательных веществ и гранулометрических фракций. Агроистощение каштановых почв, которое проявляется нарушением аккумулятивно-го характера распределения содержания поглощенных оснований и подвижных форм фосфора и калия, максимально проявляется в 4 ПР. В то же время по содержанию гумуса они более гумусированы, по сравнению с каштановыми почвами других почвенных районов (2,1-3,0%). Почвы 4 ПР также подвержены дефляционной деградации, облегчение пахотного горизонта по содержанию физической глины свидетельствует об этом.

Общим признаком каштановых почв для всех четырех почвенных районов могла бы служить мощность гумусового горизонта (A+B₁) – 30-35 см, и только во 2 ПР отмечается увеличение диапазона варьирования мощности до 20-35 см. Каштановые почвы этого района характеризуются самым низким содержанием гумуса (1,0-2,5%) в пахотном горизонте, агроистощением по содержанию подвижных форм фосфора и облегчением грансостава по содержанию ила.

Каштановые почвы 1 ПР и 3 ПР имеют очень близкие значения классификационных границ по большинству агрохимических свойств. Тем не менее основные отличительные черты агрохимических отличий в 1 ПР – самое сильное агроистощение по содержанию поглощенных оснований (12,0-16,0 мг-экв/100 г почвы), а в 3 ПР – самое сильное агроистощение по содержанию обменного калия (10,0-20,0 мг/100 г) и валового азота (0,06-0,10%). Эти различия между почвенными районами, по-видимому, обусловлены дифференциацией материнских пород зоны сухой степи по гранулометрическому составу и обогащением его фракцией крупной пыли и мелкого песка в южном направлении.

Таблица 1

Сравнительная характеристика агрохимических свойств темно-каштановых почв почвенных районов сухой степи

Свойства	Почвенный район						
	1 ПР – темно-каштановые почвы		3 ПР – темно-каштановые и каштановые почв с большими массивами солонцов		4 ПР – темно-каштановые и каштановые солонцеватые почвы		
	Апах	В1	Апах	В1	Апах	А	В1
Мощность гумусового горизонта, см	>40,0		30,1->35,0		35,0-40,0		
Содержание гумуса, %	2,5-3,0	<1,5	2,0-2,5	1,51->2,01	3,1-3,5	3,1-3,5	2,1-2,5
Содержание подвижного фосфора, мг/100 г почвы	5,0-10,0	< 5,0	20,1-25,0	10,1-15,0	15,1-25,0	20,1-25,0	<15,0
Содержание обменного калия, мг/100 г почвы	>30,0	10,0-15,0	>30,1	15,1-20,0	30,1-40,0	25,1-30,0	<20,0
Содержание валового азота, %	0,10-0,14	< 0,10	0,11-0,15	0,11-0,15	>0,21	>0,21	0,11-0,15
Сумма поглощенных оснований, мг-экв/100 г почвы	>18,0	>18,0	25,1-30,0	20,1-30,0	20,1-25,0	20,1-30,0	<20,0
рНв	7,0-7,5	7,0-7,5	7,01-7,50	7,01-7,50	7,1-7,5	<7,0	7,1-8,0
Содержание фракции ила (< 0,001 мм), %	< 10,0	20,0-25,0	10,1-20,0	10,1-15,0	21,1-25,0	10,1-15,0	10,1-15,0
Содержание фракции физической глины (< 0,01 мм), %	25,0-30,0	>30,0	25,1-30,0	25,1-35,0	20,1-25,0	20,1-25,0	20,1-25,0

Таблица 2

Сравнительная характеристика агрохимических свойств каштановых почв почвенных районов сухой степи

Свойства	Почвенный район							
	1 ПР – темно-каштановые почвы		2 ПР – каштановые почвы		3 ПР – темно-каштановые и каштановые почв с большими массивами солонцов		4 ПР – темно-каштановые и каштановые солонцеватые почвы	
	Апах	В1	Апах	В1	Апах	В1	Апах	А
Мощность гумусового горизонта, см	30,0-35,0		20,0-35,0		30,1->35,0		30,0-35,0	
Содержание гумуса, %	1,5-2,5	<1,5	1,0-2,5	<1,0	1,5-2,0	1,0-1,5	2,1-3,0	2,1-3,0
Содержание подвижного фосфора, мг/100 г почвы	15,0-20,0	<10,0	15,1->20,1	15,1-20,1>	10,1-20,0	<10,0-15,0	<15,0-20,0	15,1-25,0
Содержание обменного калия, мг/100 г почвы	15,0-25,0	<10,0	20,1-30,0	10,1-15,0	10,1-25,0	10,0-15,0	<20,0-25,0	35,1-40,0
Содержание валового азота, %	0,16-0,20	0,10-0,14	0,16-0,21>	0,11-0,15	0,06-0,10	<0,05	0,16-0,20	0,11-0,15
Сумма поглощенных оснований, мг-экв/100 г почвы	12,0-16,0	12,0-16,0	15,1-25,0	15,1-25,0	15,1-25,0	15,1-20,0	<20,0-25,0	20,1-25,0
рНв	7,0-7,5	7,0-7,5	7,01-7,50	<7,01	<7,0-7,5	<7,0-7,5	7,91->8,1	7,1-7,5
Содержание фракции ила (< 0,001 мм), %	10,0-20,0	20,0-25,0	15,1->25,1	20,1->25,1	<10,0-15,0	<10,0	21,1-25,0	>20,1
Содержание фракции физической глины (< 0,01 мм), %	20,0-25,0	25,0-30,0	<15,0	<15,0	20,1-30,0	20,1-25,0	20,1->30,0	30,1-40,0

По результатам обследования почвенного покрова 1954-1955 гг. Почвенным институтом АН СССР и Алтайским СХИ авторы не выделяли светло-каштановые почвы в зоне сухой степи

Алтайского края. По поводу этого подтипа почв (его генезиса и распространения) до сих пор идут споры [10]. Тем не менее последний тур обследования АлтайНИИГипрозем почвенного

покрова Алтайского края 1990-2005 гг. показал, что в некоторых хозяйствах площадь светло-каштановых почв варьирует от 4,3 до 48,0% от общей площади территории хозяйства. Таксономические границы агрохимических свойств этого подтипа позволяют предположить, что появление этих почв на территории зоны сухих степей Алтайского края связано с деградацией

каштановых и темно-каштановых почв. Об этом свидетельствует их наличие почти во всех почвенных районах сухой степи (т.е. нет географической приуроченности к наиболее аридным районам) и одновременно отличия классификационных границ по агрохимическим свойствам (табл. 3).

Таблица 3

Сравнительная характеристика агрохимических свойств светло-каштановых почв почвенных районов сухой степи

Свойства	Почвенный район					
	1 ПР –тёмно-каштановые почвы		2 ПР – каштановые почвы		3 ПР – темно-каштановые и каштановые почвы с большими массивами солонцов	
	Апах	В ₁	Апах	В ₁	Апах	В ₁
Мощность гумусового горизонта, см	<20,0		15,0-25,0		20,0-30,0	
Содержание гумуса, %	1,5-2,0	<1,5	<1,0	<1,0	0,5-1,5	<0,5
Содержание подвижного фосфора, мг/100 г почвы	10,0-15,0	<5,0	<10,0	<10,0	15,1-25,0	20,0-25,0
Содержание обменного калия, мг/100 г почвы	<15,0	<5,0	10,1-20,0	10,1-15,0	25,0-30,0	<10,0
Содержание валового азот, %	0,14-0,18	0,10-0,14	<0,05	<0,05	0,06-0,10	0,06-0,10
Сумма поглощенных оснований, мг-экв/100 г почвы	12,0-16,0	<10,0	15,1-25,0	15,1-25,0	<15,0	<15,0
pНв	<6,5	<6,5	7,0-7,5	7,0-7,5	7,0-7,5	<7,0
Содержание фракции ила (< 0,001 мм), %	10,0-15,0	10,0-15,0	10,0-15,0	10,0-15,0	10,0-15,0	10,0-15,0
Содержание фракции физической глины (< 0,01 мм), %	<20,0	<25,0	<15,0	<15,0	15,0-25,0	15,0-20

Наиболее подверженными агрогенной деградации оказались каштановые почвы 2 ПР. Об этом свидетельствует не только снижение содержания большинства агрохимических свойств (гумуса, подвижного фосфора и калия, поглощенных оснований, валового азота) по сравнению с каштановыми почвами того же района, но и отсутствие аккумулятивного характера их изменения в профиле почв (табл. 2, 3). Это связано как с генетическими особенностями этих почв (более легкий гранулометрический состав), так и с развитием негативных агрогенных процессов – агроистощения и дефляции.

В так называемых светло-каштановых (по морфологическим признакам) почвах 1 ПР и 3 ПР аналогичные изменения выражены в меньшей степени, поскольку в них начальной точкой агрогенной эволюции являются темно-каштановые почвы более тяжелого грансостава. Тем не менее в светло-каштановых почвах 3 ПР отмечается агроистощение по валовому азоту и поглощенным основаниям, а в 1 ПР – подкисление реакции среды, что также может быть связано с выносом поглощенных кальция и магния.

Заключение

На основе математических моделей региональных эталонов почв 4 почвенных районов зоны каштановых почв сухой степи показаны различия и особенности агрохимических и агрофизических свойств каштановых и темно-каштановых подтипов. Появление светло-каштановых почв в составе почвенного покрова сухой степи Алтайского края связано с изменением количественных показателей их агрохимических и агрофизических свойств, в частности, с агроистощением и дефляцией. Использование таксономических границ региональных эталонов почв может служить критерием для мониторинга за агроэкологическим состоянием почв. Так, критерием агроистощения почв может служить изменение аккумулятивного характера распределения агрохимических свойств (содержания гумуса, подвижных питательных веществ, поглощенных катионов и т.п.) в профиле почв. Достоверное уменьшение классификационных границ содержания фракций ила и физической глины в пахотном горизонте по сравнению с подпахотным свидетельствует о развитии де-

фляции и связанных с этим процессом негативных последствий.

Библиографический список

1. Соколов, И. А. Теоретические проблемы генетического почвоведения / И. А. Соколов. – Новосибирск, 2004. – 296 с. – Текст: непосредственный.
2. Пивоварова, Е. Г. Региональные эталоны почв как индикаторы агрогенной трансформации их агрохимических свойств / Е. Г. Пивоварова, Л. А. Федченко. – Текст: непосредственный // *Аграрная наука – сельскому хозяйству: сборник материалов: в 2 книгах / XV Международная научно-практическая конференция (12-13 марта 2020 г.)*. – Барнаул, 2020. – С. 282-284.
3. Математические модели региональных эталонов в агрохимическом мониторинге почв / Е. Г. Пивоварова, Е. В. Кононцева, Ж. Г. Хлуденцов, И. П. Аверьянова. – Текст: непосредственный // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. – 2019. – № 8 (178). – С. 54-62.
4. Пузаченко, Ю. Г. Возможности применения информационно-логического анализа при изучении почвы на примере ее влажности / Ю. Г. Пузаченко, Л. О. Карпачевский, Н. А. Взнуздаев. – Текст: непосредственный // *Закономерности пространственного варьирования свойств почв и информационно-статистические методы их изучения*. – Москва: Наука, 1970. – С. 103-121.
5. Виноградов, Б. В. Дистанционные индикаторы опустынивания и деградации почв / Б. В. Виноградов. – Текст: непосредственный // *Почвоведение*. – 1993. – № 2. – С. 98-103.
6. Кузнецов, М. С. Противозерозионная стойкость почв / М. С. Кузнецов. – Москва: Изд-во Моск. ун-та, 1981. – 135 с. – Текст: непосредственный.
7. Чертов, О. Г. Теоретические основы моделирования динамики содержания органического вещества почв / О. Г. Чертов, А. С. Комаров. – Текст: непосредственный // *Почвоведение*. – 2013. – № 8. – С. 937-946.
8. Kögel-Knabner, I., Matzner, E. (2008). Soils as a source and sink for CO₂ - mechanisms and regulation of organic matter stabilisation in soils. *Plant Nutr. Soil Sci.* 171: 1-132.
9. Почвы Алтайского края. – Москва: Изд-во АН СССР, 1959. – 380 с. – Текст: непосредственный.

10. Почвоведение / под редакцией В. А. Ковды, Б. Г. Розанова. Ч. 2. – Москва: Высшая школа, 1988. – 368 с.

References

1. Sokolov I.A. Teoreticheskie problemy geneticheskogo pochvovedeniia. – Novosibirsk, 2004. – 296 s.
 2. Pivovarova, E.G. Regionalnye etalony pochv kak indikatory agrogennoi transformatsii ikh agrokhimicheskikh svoistv / E.G. Pivovarova, L.A. Fedchenko // *Agrarnaia nauka – selskomu khoziaistvu: sbornik materialov: v 2 kn. / XV Mezhdunarodnaia nauchno-prakticheskaia konferentsiia (12-13 marta 2020 g.)*. – Barnaul: RIO Altaiskogo GAU, 2020. – Kn. 1. – S. 282-284.
 3. Pivovarova, E.G. Matematicheskie modeli regionalnykh etalonov v agrokhimicheskom monitoringe pochv / E.G. Pivovarova, E.V. Konontseva, Zh.G. Khludentsov, I.P. Averianova // *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2019. – No. 8 (178). – S. 54-62.
 4. Puzachenko Iu.G. Vozmozhnosti primeneniia informatsionno-logicheskogo analiza pri izuchenii pochvy na primere ee vlazhnosti / Iu.G. Puzachenko, L.O. Karpachevskii, N.A. Vznuzdaev // *Zakonomernosti prostranstvennogo varirovaniia svoistv pochv i informatsionno-statisticheskie metody ikh izucheniia*. – Moskva: Nauka, 1970. – S. 103-121.
 5. Vinogradov B.V. Distantionnye indikatory opustynivaniia i degradatsii pochv / B.V. Vinogradov // *Pochvovedenie*. – 1993. – No. 2. – S. 98-103.
 6. Kuznetsov M.S. Protivoerozionnaia stoikost pochv / M.S. Kuznetsov. – Moskva: Izd-vo Mosk. un-ta, 1981. – 135 s.
 7. Chertov, O. G. Teoreticheskie osnovy modelirovaniia dinamiki sodержaniia organicheskogo veshchestva pochv / O. G. Chertov, A. S. Komarov // *Pochvovedenie*. – 2013. – No. 8. – S. 937-946.
 8. Kögel-Knabner, I., Matzner, E. (2008). Soils as a source and sink for CO₂ - mechanisms and regulation of organic matter stabilisation in soils. *Plant Nutr. Soil Sci.* 171: 1-132.
 9. Pochvy Altaiskogo kraia. – Moskva: Izd-vo AN SSSR, 1959. – 380 s.
 10. Pochvovedenie / pod red. V. A. Kovdy, B. G. Rozanova. Ch. 2. – Moskva: Vyssh. shk., 1988. – 368 s.
- Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (№ 18-44-220003) и Минобрнауки Алтайского края Н-40.**