

7. Beliaev V.I., Tagiltsev A.V. Effektivnost primeneniia differentsirovannogo sposoba vneseniia udobrenii i semian v zasushlivoi kolochnoi stepi Novosibirskoi oblasti (na primere iarvoi pshenitsy) // Agrarnaia nauka – selskomu khoziaistvu: sbornik materialov: v 2 kn. / XVIII Mezhdunarodnaia nauchno-prakticheskaia konferentsiia (9-10 fevralia 2023 g.), priurochennaia k 80-letiiu Altaiskogo GAU. – Barnaul: RIO Altaiskogo GAU, 2023. – Kn. 1. – S. 196-199.

Работа выполнена при поддержке гранта Губернатора Алтайского края для разработки качественно новых технологий, создания инновационных продуктов и услуг в сферах переработки и производства пищевых продуктов, фармацевтического производства и биотехнологий (Соглашение № 8 от 26.06.2023).



УДК 631.445.4:519.87(571.150)
DOI: 10.53083/1996-4277-2023-230-12-37-42

Е.Г. Пивоварова, О.И. Антонова, И.В. Гефке
E.G. Pivovarova, O.I. Antonova, I.V. Gefke

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ЭТАЛОНОВ ПОЧВЕННОГО РАЙОНА (39) ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ ТУЧНЫХ СРЕДНЕМОЩНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ УВАЛИСТО-ХОЛМИСТЫХ ПРЕДГОРИЙ АЛТАЯ

MATHEMATICAL MODELS OF REGIONAL STANDARDS OF THE SOIL DISTRICT (39) OF LEACHED HEAVY MEDIUM-THICK CHERNOZEMS OF THE ROLLING STEEPLY-SLOPING FOOTHILLS OF THE ALTAI REGION

Ключевые слова: информационно-логический анализ, физико-химические свойства, классификация почв, почвообразовательные процессы, агрогенная трансформация почв.

Представлено продолжение разработки региональной классификации почв Алтайского края. В качестве базовой классификации использована профильно-генетическая классификация почв СССР, 1977 г. Обоснование классификационных границ таксономических групп почв 39-го почвенного района осуществлялось с помощью информационно-логического анализа. Исследуемый район представляет собой увалисто-холмистые предгорья Алтая с преобладанием выщелоченных тучных среднетощих черноземов. В почвенном покрове также присутствуют серые и темно-серые лесные почвы, лугово-черноземные и черноземно-луговые, луговые почвы. Определен таксономический вес диагностических признаков для почв 39-го почвенного района. Эти признаки отражают интенсивность основного (дернового) почвообразовательного процесса в почвах. Максимальный таксономический вес имеют рН водная, содержание гумуса, сумма поглощенных оснований. На основе специфичных (наиболее вероятных) состояний определены классификационные границы основных типов и подтипов почв 39-го почвенного района. Анализ закономерностей изменения свойств в профиле почв в количественных моделях региональных эталонов почв отражают развитие агрогенных процессов в почвах, таких как водная эрозия и агроистощение в отношении питательных веществ и поглощенных катионов. Качественно-количественные модели региональных эталонов почв позволяют по набору физико-химических, морфологических и физических свойств идентифицировать принадлежность реальных почв к определенной таксономической группе. Математические модели региональных эталонов почв позволяют определить тенденции совре-

менных почвообразовательных процессов, дать им количественную оценку и обосновать долгосрочные прогнозы развития. В современных условиях полученные модели могут быть использованы в качестве количественных критериев при мониторинге экологического состояния почв и оценке степени деградационных процессов в почве.

Keywords: information-logical analysis, physico-chemical properties, soil classification, soil formation, soil agrogenic transformation.

This study is the continuation of the development of the regional soil classification of the Altai Region. The profile and genetic soils classification of the USSR (1977) was used as the basic classification. Information-logical analysis was used to substantiate the classification boundaries of the soil taxonomic groups of the 39th soil district. The studied area is the rolling steeply-sloping foothills of the Altai Region with predominant leached heavy medium-thick chernozems. The soil cover also contains gray and dark gray forest soils, meadow-chernozem and chernozem-meadow, and meadow soils. The taxonomic weight of diagnostic features for the soils of the 39th soil district has been determined. These features reflect the intensity of the main (sod pedogenesis) soil-forming process in the soils. The following features have the maximum taxonomic weight: pH_{H2O}, humus content, and total absorbed bases. The classification boundaries of the main soil types and subtypes of the 39th soil district are determined on the basis of the specific (most probable) conditions. The analysis of the regularities of property changes in the soil profile in quantitative models of regional soil standards reflect the development of agrogenic processes in the soils as water erosion and agricultural depletion regarding nutrients and absorbed cations. Qualitative and quantitative models of regional soil standards allow identifying real soil belonging to a certain taxonomic group by a set of physico-chemical, morphological

and physical properties. Mathematical models of regional soil standards allow determining the trends of modern soil forming processes, quantifying them and justifying long-term development forecasts. The obtained models may be used as

quantitative criteria for monitoring of the ecological state of soils and evaluating the degree of degradation processes in the soil under present-day conditions.

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

Антонова Ольга Ивановна, д.с.-х.н., профессор, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: niihim1@mail.ru.

Гефке Ирина Валентиновна, к.с.-х.н., доцент, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: ivgefke@mail.ru.

Pivovarova Elena Grigorevna, Dr. Agr. Sci., Assoc. Prof., Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: pilegri@mail.ru.

Antonova Olga Ivanovna, Dr. Agr. Sci., Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: niihim1@mail.ru.

Gefke Irina Valentinovna, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: ivgefke@mail.ru.

Современные теоретические проблемы в классификации почв сформулировал И.А. Соколов [1]. Среди них: сложности при выборе диагностических признаков и определении их таксономического веса, множество классификационных систем и невозможность перехода от одной классификации к другой, недостаточность количественных характеристик при описании таксономических групп почв и др. Одной из причин является географическое многообразие почвенных условий и их влияние на почвообразовательный процесс. В связи с этим любая базовая классификация нуждается в конкретизации через региональную привязку и уточнение почвенных свойств. Среди альтернативных подходов в систематизации почв некоторые авторы предлагают отказ от генетического принципа в классификации в пользу численных классификаций [2, 3], основанных только на общности количественных признаков в группировке почв. Разработка региональной классификации почв Алтайского края – это попытка объединить генетический подход и математическое обоснование в классификации почв [4-6].

Целью работы являлась разработка региональных эталонов почв 39-го почвенного района (ПР) – черноземов выщелоченных тучных среднемощных увалисто-холмистых предгорий Алтая. Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд **задач**: 1) выявить диагностические признаки и их таксономический вес; 2) дать обоснование количественных критериев для идентификации основных групп почв 39-го ПР; 3) разработать качественные и количественные модели региональных эталонов почв в соответствии с профилльно-генетической классификацией почв СССР [7].

Объекты и методы исследования

Район выщелоченных тучных среднемощных черноземов увалисто-холмистых предгорий охватывает часть территории, расположенной между нижними течениями рек Катунь и Бии (рис.). Район представляет собой холмисто-увалистые предгорья северо-восточного Алтая. Район отличается значительным расчленением, многочисленными балками,

долинами мелких речек, врезанными неглубоко. Очертания рельефа преимущественно мягкие, с пологими склонами. По днищам долин значительные территории заболочены. Колебания высот в пределах 300-400 м.

Естественная растительность формировалась под луговыми степями и остепненными лугами, в настоящее время почти полностью распахана. Почвообразующими породами служат средние и тяжелые лёссовидные суглинки. Коренные породы почти повсюду перекрыты мощным чехлом рыхлых отложений [8].

Основной фон почвенного покрова составляют выщелоченные черноземы тучные (на период их освоения содержащие гумуса больше, чем в черноземах всех других районов предгорий, 12-14%), обычно среднемощные, местами маломощные. Мощные разновидности здесь очень редки. В восточной части района, прилегающей к лесному поясу, развиты оподзоленные черноземы

По логам и балкам очень широко распространены лугово-черноземные почвы с намытыми мощными гумусовыми горизонтами. По долинам широко распространены также лугово-болотные почвы. Слаборазвитые почвы встречаются очень редко и занимают незначительные площади по отдельным сопкам.

В разработке математических моделей региональных эталонов почв использованы данные последнего (1990-2000 гг.) крупномасштабного почвенного обследования (предоставлены АлтайНИИ Гипрозем). Выборка экспериментальных данных составлена на основе 170 почвенных разрезов и 376 точек. Структура моделей включала данные из пахотных и подпахотных горизонтов. В качестве региональных эталонов 39-го почвенного района Алтайского края в соответствии с эколого-генетической классификацией (1977) были выделены: 1) черноземы оподзоленные (Ч^о); 2) черноземы выщелоченные (Ч^в); 3) серые лесные (С₂); 4) темно-серые лесные (С₃); 5) лугово-черноземные и черноземно-луговые (ЧЛ-ЛЧ); 6) луговые (Л).

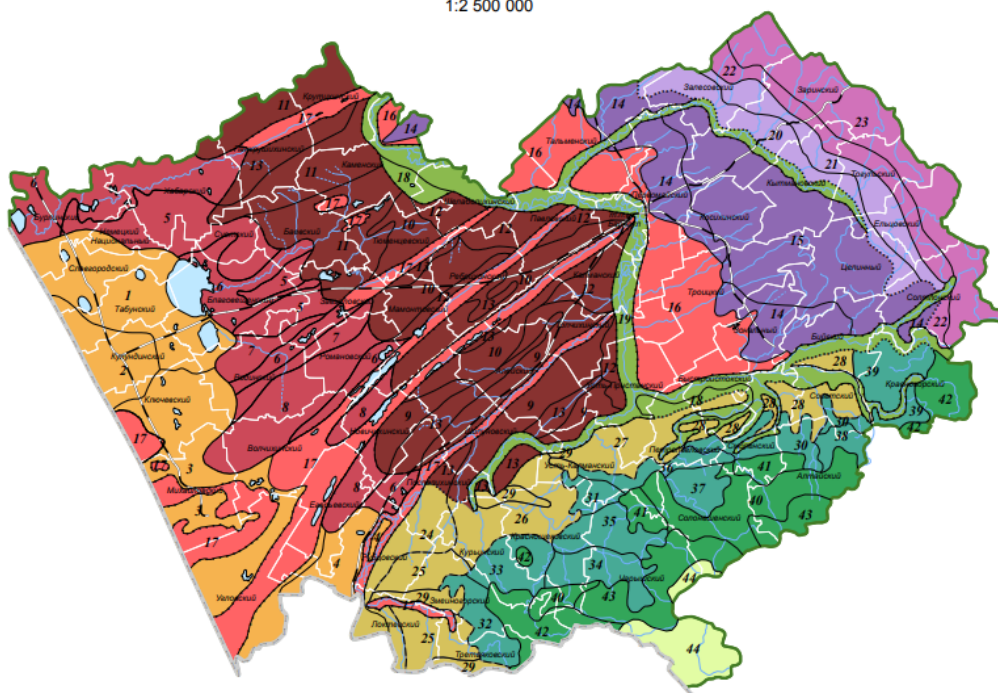


Рис. Карта-схема почвенно-географических районов Алтайского края

Для выявления связей между таксономическими группами почв и свойствами почвы необходимо качественные признаки (тип, подтип почвы) перевести в количественные (ранги). Для этого почвы построены в порядке увеличения дернового и уменьшения подзолистого процессов ($C_2 > C_3 > C_0 > C_0^v > ЧЛ-ЛЧ > Л$). Количественная модель, определяющая таксономический вес диагностических признаков (табл. 1) и классификационные границы таксономических групп почв (табл. 2), получена в результате информационного двухфакторного анализа [9].

Результаты исследований

Ранее было показана возможность оценки таксономического веса признака по величине коэффициента эффективности передачи информации [10]. Так, для почв 39-го ПР наибольший таксономический вес у таких признаков, как рНв, содержание суммы поглощенных оснований, гумуса и валового азота, т.е.

признаков, которые отражают основной и второстепенный почвообразовательные процессы, – дерновый и подзолистый. Именно по этим признакам в пахотном и подпахотном горизонтах почвы отличаются в большей степени. В региональных масштабах изменение таксономического признака во времени может свидетельствовать о влиянии системы земледелия на ход почвообразовательных процессов и, как результат, на качество почв [11, 12] и их плодородие.

Классификационные границы региональных эталонов почв 39-го ПР получены путем определения специфичных (наиболее вероятных) состояний этих почв в результате информационного анализа (табл. 2). Набор физических и физико-химических свойств для конкретной почвы представляет собой количественную модель регионального эталона для 39-го ПР.

Таблица 1

Коэффициенты эффективности передачи информации между свойствами почв и генетическими горизонтами

Свойства	Коэффициент эффективности передачи информации
Мощность гумусового слоя, М, см	0,0526
рН водная	0,2113
Сумма поглощенных оснований, S, мг-экв/100 г почв	0,1996
Содержание подвижного фосфора, P ₂ O ₅ , мг/100 г	0,0526
Содержание обменного калия, K ₂ O, мг/100 г	0,0825
Содержание гумус, Г, %	0,2367
Содержание валового азота, Nв, %	0,2049
Содержание илистой фракции, Ил, %	0,0932
Содержание физической глины, Фг, %	0,0760

Основные закономерности дернового процесса почвообразования проявляются на уровне типа почвы: по мощности серые лесные почвы (20-30 см) отличаются от черноземных (30-50 см) и лугово-черноземных (более 50 см). По содержанию гумуса в верхнем (пахотном) горизонте серые лесные почвы (5,0-6,05) значительно отличаются от темно-серых

(7,1-9,0%) и черноземных (7,1-10,0%), максимальное содержание гумуса отмечается в лугово-черноземных и луговых почвах (более 10,0%). Аналогичные закономерности прослеживаются и в отношении других агрохимических свойств. Это свидетельствует о сохранении естественных процессов почвообразования и их преобладании над агрогенными.

Таблица 2

Количественная модель региональных эталонов почв 39-го почвенного района Алтайского края (метрическое значение свойства, ранг)

Свойства	Тип почвы/горизонт					
	C ₂		C ₃		Ч ^о	
	Ап	АВ	Ап	АВ	Ап	АВ
Мощность гумусового слоя, см	<20,0(1)		<20,0-30,0(1-2)		30,1-40,0(3)	
Содержание гумуса, %	5,1-6,0(2)	<5,0(1)	7,1-9,0(4-5)	5,1-6,0(2)	10,1>(7)	<5,0(1)
pH _в	4,6-5,0(2)	<4,5(1)	4,6-5,0(2)	<4,5-5,0(1-2)	5,1-6,0(3-4)	5,1-6,0(3-4)
Сумма поглощенных оснований, м-экв/100 г	<25,0(1)	<25,0(1)	40,1-45,0(5)	<25,0(1)	30,1-40,0(3-4)	<25,0-30,0(1-2)
Содержание подвижного фосфора, P ₂ O ₅ , мг/100 г	15,1-20,0(4)	20,1>(5)	5,1-10,0(2)	20,1>(5)	5,1-10,0(2)	15,1-20,0(4)
Содержание обменного калия, K ₂ O, мг/100 г	10,1-15,0(3)	<5,0(1)	10,1-15,0(3)	<5,1-10,0(1-2)	5,1-10,0(2)	<5,0-10,0(1-2)
Содержание валового азота, %	0,21-0,30(3)	<0,10(1)	0,41-0,50(5)	0,11-0,20(2)	0,41-0,50>(5-6)	0,11-0,20(2)
Содержание илистой фракции, %	<5,0(1)	<5,0(1)	7,6-12,5(3-4)	12,6-17,5(5-6)	10,1-12,5(4)	12,6-15,0(5)
Содержание физической глины, %	<30,0(1)	<30,0(1)	45,1-50,0(5)	45,1-50,0(5)	35,1-45,0(3-4)	40,1-45,0(4)

Продолжение табл. 2

Свойства	Тип почвы/горизонт					
	Ч ^в		ЧЛ+ЛЧ		Л	
	Ап	АВ	Ап	АВ	Ап	АВ
Мощность гумусового слоя, см	30,1-50,0(3-4)		50,1>(5)		50,1>(5)	
Содержание гумус, %	7,1-8,0(4)	<5,0(1)	10,1>(7)	6,1-7,0(3)	10,1>(7)	9,1-10,0(6)
pH _в	6,6>(6)	6,6>(6)	5,6-6,5(4-5)	6,6>(6)	6,6>(6)	6,6>(6)
Сумма поглощенных оснований, м-экв/100 г	35,1-40,0(4)	<25,0(1)	45,1>(6)	35,1-40,0(4)	45,1>(6)	40,1-45,0(5)
Содержание подвижного фосфора, P ₂ O ₅ , мг/100 г	10,1-15,0(3)	15,1-20,0(4)	<5,0-10,0(1-2)	15,1-20,0(4)	15,1-20,0(4)	15,1-20,0(4)
Содержание обменного калия, K ₂ O, мг/100 г	15,1-20,0>(4-5)	5,1-10,0(2)	5,1-10,0(2)	5,1-15,0(2-3)	15,0-20,0(4)	20,1>(5)
Содержание валового азота, %	0,31-0,50(4-5)	<0,10-0,20(1-2)	0,51>(6)	0,21-0,40(3-4)	0,51>(6)	0,21-0,30(3)
Содержание илистой фракции, %	30,1-35,0(2)	45,1-50,0(5)	12,6-15,0(5)	17,5>(7)	12,6-15,0(5)	17,5>(7)
Содержание физической глины, %	5,1-7,5(2)	17,5>(7)	35,1-40,0(3)	50,1>(6)	30,1-35,0(2)	45,1-50,0(5)

В то же время анализ профилейного изменения таксономических границ свойств почв позволяет отметить некоторые особенности, а именно нарушение аккумулятивного характера их изменения. Так, в серых лесных почвах содержание суммы поглощенных оснований в пахотном и подпахотном горизонтах не отличается и составляет менее 25,0 мг-экв/100 г почвы. В темно-серых лесных почвах эта закономерность отмечается также и для содержания подвижного фосфора, более того, его содержание в пахотном горизонте (5,0-10,0 мг/100 г почвы) ниже, чем в подпахотном (20,1 и более мг/100 г почвы). Это свидетельствует об агроистощении почв в отношении фосфора и, по-видимому, связано с недостаточным использованием фосфорных удобрений в агроценозах.

Еще в большей степени агроистощение проявляется в черноземах оподзоленных, в луговых и лугово-черноземных почвах. Причем, это характерно не только по отношению к фосфору, но и по отношению к содержанию обменного калия в профиле почв. Его содержание в пахотных горизонтах почв на 1-2 ранга ниже, чем в подпахотном. В меньшей степени агроистощению подвержены черноземы выщелоченные. Возможно, это объясняется геоморфологической приуроченностью к автономным элементарным ландшафтам.

Интенсивность агрогенных трансформаций в почвах предгорных районов усиливается также за счет развития эрозионных процессов, связанных с распашкой склонов. Об этом свидетельствует профилейное изменение таксономических границ региональных эталонов почв по содержанию грануломет-

рических фракций. Как видно из таблицы 2, почвы 39-го ПР в основном имеют тяжелосуглинистый гранулометрический состав, содержание физической глины в материнской породе и подпахотном горизонте составляет 40,0-50,0%. В то же время содержание этой фракции в пахотных горизонтах соответствующих почв на 1-2 ранга ниже, что свидетельствует о развитии эрозионных процессов. Эта закономерность прослеживается и для фракции ила (менее 0,001 мм). Исключение составляют серые лесные почвы, в них профильная дифференциация гранулометрических фракций отсутствует. Возможно, это связано с геохимической приуроченностью их к замкнутым мезопонижениям, в которых эрозионный перенос проявляется слабо.

Идентификация реальных почв и определение их принадлежности к тому или иному эталону осложняется тем, что некоторые почвы имеют переходные свойства, т.е. являются классификационными соседями [1]. Для их определения в региональном масштабе разработана качественно-количественная модель, позволяющая по набору наиболее значимых диагностических свойств определить их таксономическую группу. Эта модель представлена информационно-логическим уравнением:

$$ТП^{1977} = pНв^{Ап} \boxtimes pНв^{АВ} \boxtimes (K_2O^A \boxtimes S^A \boxtimes N_B^A \boxtimes S^{AB} \boxtimes N_B^{AB} \boxtimes (M_{A+AB} \boxtimes \Phi\Gamma^{AB})),$$

где ТП – ранг типа почвы в соответствии с профильно-генетической классификацией почв СССР, 1977 г.;

S, Г, pНв, M_{A+AB}, K₂O, P₂O₅, N_B, Ил, ФГ – ранг типа (подтипа) почвы в зависимости от суммы поглощенных оснований, содержания гумуса, реакции водной вытяжки, мощности гумусового горизонта, содержания подвижного калия, валового азота, илистой фракции, физической глины;

A, AB – наименование горизонта по классификации 1977 г.;

⊗ – знак логической функции нелинейного произведения [9].

Для диагностики реальных почв необходимо метрические значения свойств перевести в ранговые (используя специфические состояния таксономических единиц) и подставить в формулу. Результат в ранговом выражении соответствует определяемой почве. Безошибочный прогноз полученной модели составляет 35%, а с ошибкой в один ранг прогнозирующая способность модели увеличивается до 75%. Корреляция между фактическими и расчетными значениями позволяет дать оценку точности полученной модели. Коэффициент корреляции между прогнозными и фактическими ранговыми значениями определяемых почв равен r=0,74.

Таким образом, полученные математические модели региональных эталонов почв позволяют определить тенденции современных почвообразовательных процессов, дать им количественную оценку и

обосновать долгосрочные прогнозы развития. В современных условиях широкое распространение получает практика употребления количественных критериев в мониторинге и оценке деградационных процессов почв. При оценке экологического состояния почв также получают развитие математические и статистические методы [13].

Выводы

1. Определен таксономический вес признаков для почв 39-го почвенного района. Эти признаки отражают интенсивность основного (дернового) почвообразовательного процесса в почвах. В соответствии с профильно-генетической классификацией (1977 г.) максимальный таксономический вес имеют рН водная (K_{эфф}=0,3125-0,2545), содержание гумуса (K_{эфф}=0,1917-0,1410), сумма поглощенных оснований (K_{эфф}=0,1834-0,1415).

2. На основе специфических состояний определены классификационные границы основных типов и подтипов почв 39-го почвенного района: черноземов выщелоченных и оподзоленных, темно-серых и серых лесных почв, лугово-черноземных, черноземно-луговых и луговых почв.

3. Полученные количественные модели региональных эталонов почв отражают развитие агрогенных процессов в почвах.

4. Качественно-количественные модели региональных эталонов почв позволяют по набору физико-химических, морфологических и физических свойств идентифицировать принадлежность реальных почв к определенной таксономической группе.

Библиографический список

- Соколов, И. А. Теоретические проблемы генетического почвоведения / И. А. Соколов. – Новосибирск, 2004. – 296 с. – Текст: непосредственный.
- Soil taxonomy, a basic system of soil classification for making and interpreting soil survey. USDA Agric. Handbook No. 436, 1975. Washington, D.C.: 756 pp. U.S. Gov't Printing Office.
- Рожков, В. А. Классификация, и классификация почв / В. А. Рожков. – Текст: непосредственный // Почвоведение. – 2012. – № 3. – С. 259-269.
- Пивоварова, Е. Г. Региональные эталоны почв предгорных равнин Алтая / Е. Г. Пивоварова. – Текст: непосредственный // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сборник материалов: в 2 кн. / XVIII Международная научно-практическая конференция (9-10 февраля 2023 г.), приуроченная к 80-летию Алтайского ГАУ. – Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2023. – Кн. 2. – С. 105-107.
- Стребкова, А. С. Региональные эталоны почв лесостепной зоны Алтайского края / А. С. Стребкова, Е. Г. Пивоварова. – Текст: непосредственный // Эволюция почв и развитие научных представлений в почвоведении: сборник научных трудов / Междуна-

родная научная конференция, посвященная 90-летию со дня рождения Бурлаковой Лидии Макаровны (г. Барнаул, 16-21 августа 2022 г.). – Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2022. – С. 126-132.

6. Пивоварова, Е. Г. Агрохимические и агрофизические особенности каштановых почв зоны сухой степи Алтайского края / Е. Г. Пивоварова, Е. В. Коннцева, В. С. Курсакова. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 8 (202). – С. 44-49. DOI: 10.53083/1996-4277-2021-202-08-44-49.

7. Классификация и диагностика почв СССР. – Москва: Колос, 1977. – 223 с. – Текст: непосредственный.

8. Почвы Алтайского края. – Москва: Изд-во АН СССР, 1959. – 382 с. – Текст: непосредственный

9. 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.

10. Пивоварова, Е. Г. Агрохимические свойства в решении теоретических проблем классификации почв / Е. Г. Пивоварова, Л. А. Федченко. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 3 (197). – С. 39-47.

11. Wienhold, B., Pikul, J.L., Liebig, M.A., et al. (2006). Cropping system effects on soil quality in the Great Plains: Synthesis from a regional project. *Renewable Agriculture and Food Systems*. 21. 49-59. DOI: 10.1079/RAF2005125.

12. Karlen D., Andrews, S., Wienhold, B., Zobeck, T. (2008). Soil Quality Assessment: Past, Present and Future. *AgroEcosystem Management Research Unit TX 79415. J. Integr. Biosci.* 3. 68583-9343.

13. Левич, А. П. Теоретические и методические основы технологии регионального контроля природной среды по данным экологического мониторинга / А. П. Левич, Н. Г. Булгаков, В. Н. Максимов. – Москва: НИА-Природа, 2004. – 225 с. – Текст: непосредственный.

References

1. Sokolov I.A. Teoreticheskie problemy geneticheskogo pochvovedeniia / I.A. Sokolov. – Novosibirsk, 2004. – 296 s.

2. Soil taxonomy, a basic system of soil classification for making and interpreting soil survey. USDA Agric. Handbook No. 436, 1975. Washington, D.C.: 756 pp. U.S. Gov't Printing Office.

3. Rozhkov V.A. Klassiologiya, i klassifikatsiia pochv / V.A. Rozhkov // Pochvovedenie. – 2012. – No. 3. – S. 259-269.

4. Pivovarova E.G. Regionalnye etalony pochv predgornyykh ravnin Altaia // Agrarnaia nauka – selskomu khoziaistvu: sbornik materialov: v 2 kn. / XVIII Mezhdunarodnaia nauchno-prakticheskaia konferentsiia (9-10 fevralia 2023 g.), priurochennaia k 80-letiiu Altaiskogo GAU. – Barnaul: RIO Altaiskogo GAU, 2023. – Kn. 2. – S. 105-107.

5. Strebkova A.S. Regionalnye etalony pochv lesostepnoi zony Altaiskogo kraia / A.S. Strebkova, E.G. Pivovarova // Evoliutsiia pochv i razvitie nauchnykh predstavlenii v pochvovedenii: sbornik nauchnykh trudov / Mezhdunarodnaia nauchnaia konferentsiia, posviashchennaia 90-letiiu so dnia rozhdeniia Burlakovoi Lidii Makarovny (g. Barnaul, 16-21 avgusta 2022 g.). – Barnaul: RIO Altaiskogo GAU, 2022. – S. 126-132.

6. Pivovarova E.G. Agrokhimicheskie i agrofizicheskie osobennosti kashtanovykh pochv zony sukhoi stepi Altaiskogo kraia / E.G. Pivovarova, E.V. Konontseva, V.S. Kursakova // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2021. – No. 8 (202). – S. 44-49. DOI: 10.53083/1996-4277-2021-202-08-44-49.

7. Klassifikatsiia i diagnostika pochv SSSR. – Moskva: Kolos, 1977. – 223 s.

8. Pochvy Altaiskogo kraia. – Moskva: Izd-vo AN SSSR, 1959. – 382 s.

9. Puzachenko Iu.G., Karpachevskii L.O., Vznuzdaev N.A. Vozmozhnosti primeneniia informatsionnolozhetskogo analiza pri izuchenii pochvy na primere ee vlazhnosti / Iu.G. Puzachenko, L.O. Karpachevskii, N.A. Vznuzdaev // Zakonomernosti prostranstvennogo varirovaniia svoistv pochv i informatsionnostatisticheskie metody ikh izuchenii. – Moskva: Nauka, 1970. – S. 103-121.

10. Pivovarova E.G. Agrokhimicheskie svoistva v reshenii teoreticheskikh problem klassifikatsii pochv / E.G. Pivovarova, L.A. Fedchenko // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2021. – No. 3 (197). – S. 39-47.

11. Wienhold, B., Pikul, J.L., Liebig, M.A., et al. (2006). Cropping system effects on soil quality in the Great Plains: Synthesis from a regional project. *Renewable Agriculture and Food Systems*. 21. 49-59. DOI: 10.1079/RAF2005125.

12. Karlen D., Andrews, S., Wienhold, B., Zobeck, T. (2008). Soil Quality Assessment: Past, Present and Future. *AgroEcosystem Management Research Unit TX 79415. J. Integr. Biosci.* 3. 68583-9343.

13. Levich A.P., Bulgakov N.G., Maksimov V.N. Teoreticheskie i metodicheskie osnovy tekhnologii regionalnogo kontrolya prirodnoi sredy po dannym ekologicheskogo monitoringa / A.P. Levich, N.G. Bulgakov, V.N. Maksimov. – Moskva: NIA-Priroda, 2004. – 225 s.

