

12. Muromtsev, G.S. Regulatory rosta rasteniy / G.S. Muromtsev. – Moskva: Kolos, 1979.– 246 s.– Tekst: neposredstvennyy.

13. Derfling, Karl. Gormony rasteniy: sistem. podkhod / K. Derfling; pod red. V.I. Kefeli; per. s nem. N.S. Gelman. – Moskva: Mir, – 1985. – 303 s.

14. Ishikawa H., Evans M. (1993). Comparative growth and gravitropism studies in auxin response mutants of *Arabidopsis thaliana*. *Biological Sciences in Space*. 7 (2): 133-140.

15. Shimazu T., et al. (2000). Suitable experimental design for determination of auxin polar transport in space using a spacecraft. *Biological Sciences in Space*. 14 (1): 9-13.

16. Katayama M., et al. (2008). Synthesis and biological activities of 4-trifluoromethylindole-3-acetic acid: a new fluorinated indole auxin. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 72 (8): 2025-2033.

17. Agroklimaticheskie resursy Altayskogo kraya (bez Gorno-Altayskoy avtonomnoy oblasti): spravochnik. – Leningrad: Gidrometeoizdat, 1971. – 155 s.

18. Issledovanie vliyaniya karboksimetilirovanogo rastitelnogo syrya na aktivnost prorastaniya myagkoy yarovoy pshenitsy / E.V. Kalyuta, M.I. Maltsev, V.I. Markin [i dr.] // *Khimiya rastitelnogo syrya*. – 2013. – No. 3. – S. 249-253.

19. Rostoreguliruyushchie polimernye kompozitsii na osnove khimicheski modifitsirovannogo rastitelnogo syrya dlya vyrashchivaniya ovoshchnykh kultur, proizvodimykh teplichnymi tekhnologiyami / N.G. Bazarnova, I.B. Katrakov, V.I. Markin [i dr.] // *Vestnik altayskoy nauki*. – 2013. – No. 1. – S. 39-42.

Проект реализован с привлечением средств бюджета Алтайского края – гранта для разработки качественно новых технологий, создания инновационных продуктов и услуг в сферах переработки и производства пищевых продуктов, фармацевтического производства и биотехнологий (приказ Управления Алтайского края по пищевой, перерабатывающей, фармацевтической промышленности и биотехнологиям от 01.06.2020 № 24).



УДК 631.42

Е.В. Кононцева, Ж.Г. Хлуденцов
Ye.V. Konontseva, J.G. Khludenzov

АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КАК ФУНКЦИЯ И ФАКТОР МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ РЕГИОНАЛЬНЫХ ПОЧВЕННЫХ ЭТАЛОНОВ

AGROCHEMICAL PROPERTIES AS FUNCTIONS AND FACTORS OF MATHEMATICAL MODELS OF REGIONAL SOIL STANDARDS

Ключевые слова: агрохимические свойства, эталон, таксономический вес признака, таксономическая группа почв, количественная модель, качественная модель, мониторинг.

Проведено обоснование эталонов региональных почв для 3-го почвенного района Алтайского края. Определён таксономический вес диагностических признаков (агрохимических свойств почв) региональных эталонов почв для почвенного района темно-каштановых и каштановых почв с большими массивами солонцов сухой степи Алтайского края с помощью использования информационно-логического анализа. Установлено, что наибольшими значениями таксономического веса обладают следующие агрохимические признаки: мощность гумусового горизонта; степень солонцеватости; pH; содержание гумуса. Для каждого таксона (эталона) рассчитаны специфичные состояния признаков. Набор диагностических признаков может служить характеристикой виртуального (наиболее ве-

роятного) образа определенной таксономической группы (типа, подтипа) для данного региона (т.е. региональным эталоном). Разработана качественная модель таксономических единиц региональной классификации почв, учитывающая качественный переход от одного таксона к другому.

Keywords: agrochemical properties, standard, taxonomic weight of a soil feature, taxonomic soil group, quantitative model, qualitative model, monitoring.

This paper substantiates the regional soil standards for the 3rd soil region of the Altai Region. By using the information and logical analysis, the taxonomic weight of the diagnostic features (agrochemical soil properties) of the regional soil standards for the soil area of dark chestnut and chestnut soils with large tracts of solonetz soils of the dry steppe of the Altai Region was determined. It was found that the following agrochemical features had the

highest taxonomic weight values: the humus horizon thickness, degree of salinity, pH, and humus content. This indicates that these properties most intensely reflect the differences associated with the reflection of different processes of soil formation (sod formation, salinization, and saline process). The specific feature states are calculated for

each taxon (standard). A set of diagnostic features may serve as a characteristic of a virtual image of a certain taxonomic group (type, subtype) for a given region (i.e., a regional standard). A qualitative model of taxonomic units of the regional soil classification has been developed.

Кононцева Елена Владимировна, к.с.-х.н., доцент, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет», г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: kononcevaasau@mail.ru.

Хлуденцов Жан Геннадьевич, к.с.-х.н., доцент, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет», г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: zhan.khludentsov@mail.ru.

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

Khludentsov Jean Gennadyevich, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: zhan.khludentsov@mail.ru.

Плодородие современных почв определяется комплексом экологических условий, совокупностью их свойств и режимов, интенсивностью антропогенного использования [1-3]. Агрохимические показатели обусловлены химическим составом почв, отражают процессы почвообразования, качественные характеристики почвенных разностей [4, 5]. К основным агрохимическим показателям плодородия почв относят содержание гумуса, pH водной и солевой вытяжки, валовое содержание и формы соединений макро- и микроэлементов, показатели почвенного поглощающего комплекса, подвижные питательные вещества, необходимые для питания растений. Они относительно устойчивы, что дает возможность осуществления мониторинга состояния почв Агрохимическими службами [6]. Пространственная же вариация этих показателей в сезонной динамике осложняет проведение агрохимического мониторинга. Результатом проведения агрохимических мониторинговых исследований является составление крупномасштабных почвенно-картографических материалов. При этом в них не находят отражения агрогенные почвы, выделение которых не предусмотрено в «Классификации и диагностике почв СССР» (КиДП) [7]. Это приводит к искажению реальной действительности. В целях рационального использования почв, управления почвенным плодородием по результатам агрохимического обследования территории возникает необходимость использования новых научных подходов [8]. Решить эту проблему можно путем использования новой «Классификации и диагностики почв России» [9], отражающей классификацию антропогенно-преобразованных почв. Систематика и диагностика этих почв требуют специальных исследований.

При проведении современных почвенных исследований зачастую сталкиваются с трудностью идентификации почвенных эталонов на уровне региональной классификации. Особенно сложно идентифицировать эталоны для переходных групп (подтипов) почв, соседствующих через классификационную границу, так как границы их либо условны, либо совсем отсутствуют [10]. Использование метода моделирования при разработке количественных градаций характеристик диагностических признаков свойств почв (агрохимических показателей) для почвенных разностей, выбранных в соответствии с субстантивно-генетическим принципом, поможет решить данную проблему на региональном уровне [4].

В работе проведена попытка обоснования эталонов региональных почв, т.е. определения таксономического веса их признаков (агрохимических свойств) и разработки количественных параметров диагностики региональных эталонов с помощью информационно-логического анализа (ИЛА) [11], автором идеи которых является руководитель проекта Е.Г. Пивоварова [4, 5], на примере третьего почвенного района – темно-каштановых и каштановых почв с большими массивами солонцов Алтайского края с использованием субстантивно-генетической классификации почв (КиДПР 2004). Для достижения данной цели поставлены следующие задачи: определить таксономический вес признаков эталонов региональных почв в соответствии с субстантивно-генетической классификацией почв; с помощью ИЛА разработать количественные критерии для характеристики эталонов агрообразма текстурно-карбонатного; агрогема темного аккумулятивно-карбонатного; агрокаштановой; агрокаштановой гидрометамофизованной; со-

лонца; солончака; разработать информационно-логическую модель таксономических единиц региональной классификации почв; провести оценку достоверности математической модели.

Объекты и методы исследований

Объектом исследования послужили почвы третьего почвенного района – темно-каштановых и каштановых почв с большими массивами солонцов (согласно почвенно-географическому районированию Алтайского края). Рельеф района исследования – плоский, слабо- и частично сильноволнистый. Климат – резко континентальный. Естественная растительность представлена типчаково-ковыльной и полынно-типчаково-ковыльной с лугово-голофитными комплексами ассоциациями. Почвообразующие и подстилающие породы представлены маломощными и песчано-суглинистыми озерно-аллювиальными отложениями. Почвенный покров в соответствии с профилно-генетической классификацией [7] представлен каштановыми, лугово-каштановыми почвами, солонцами в разной степени эродированными.

Использование ретроспективных материалов крупномасштабного почвенного обследования АлтайНИИГипрозем за период 1990-2000 гг. по 18-ти хозяйствам трех административных районов (Ключевский, Угловский, Михайловский) Алтайского края (выборка – 970 объектов) позволило осуществить математическую обработку данных.

Зональные эталоны 3-го почвенного района в соответствии с субстантивно-генетической классификацией (Классификация и диагностика почв России (КиДПР)) [9] представляют собой агрообразем текстурно-карбонатный (ААб_{тк}); агрозем темный аккумулятивно-карбонатный (Аз_{так}); агрокаштановая (АКт); агрокаштановая гидрометамофизованная (АК^{ГМ}); солонец (Сн); солончак (Ск). Группировка почв в соответствии с новой классификацией осуществлялась следующим образом: в таксономическую разность агрообразем текстурно-карбонатный (ААб_{тк}) были объединены сильно эродированные светло-каштановые, каштановые, темно-каштановые, лугово-каштановые почвы; в тип агрозем темный аккумулятивно-карбонатный (Аз_{так}) сгруппированы почвы с укороченным профилем, слабо- и среднесмытые светло-каштановые, каштановые, темно-каштановые, лугово-каштановые почвы; в тип агрокаштановые почвы (АКт) вошли полнопрофильные темно-каштановые почвы; в тип агрокаштановая гидрометамофизованная

(АК^{ГМ}) – полнопрофильные лугово-каштановые почвы; в солонец (Сн) сгруппированы солонцы лугово-каштановые; в тип солончак (Ск) – солончаки, лугово-каштановые солончаковые.

Между диагностическими свойствами и основными таксономическими группами почв сухой степи проведен информационный анализ связей. При разработке количественной модели региональных эталонов почв в качестве функции вступали агрохимические свойства, они же являются диагностическими свойствами при определении таксономических единиц в классификации почв.

С помощью ИЛА определен коэффициент передачи информации ($K_{эфф}$), отражающий степень связи между изучаемыми параметрами (между фактором и явлением) [11]. По величине $K_{эфф}$ определен таксономический вес каждого признака. Для каждого центрального образа (таксона) рассчитаны специфичные (наиболее вероятные) состояния признаков (генетически обусловленных свойств почв). Набор этих параметров позволяет дать количественную характеристику таксона (типа, подтипа) почв исследуемой территории.

Оценку таксономического веса признаков проводили в пахотном ($A_{пах}$) и подпахотном (переходном гумусовом (B_1)) горизонтах по следующим свойствам: содержанию гумуса G , %; мощности гумусового горизонта (M_{A+B_1} , см); pH_B ; содержанию подвижных фосфора (P_2O_5) и калия (K_2O), мг/100 почвы; содержанию валового азота (N_B), %; Ca , мг-экв/100; Mg , мг-экв/100; содержанию валового азота; содержанию гранулометрических фракций размером $<0,001$ мм (ил) и $<0,01$ мм (физическая глина), %, степени солонцеватости (A), %.

Результаты и обсуждения

Для перевода качественных признаков в количественные таксономические группы почв были выстроены в генетически сопряженный ряд, отражающий интенсивность основного гумусово-аккумулятивного (дернового) и агрогенного почвообразовательных процессов в соответствии с номером ранга: ААб_{тк} (1-й ранг) – Аз_{так} (2-й ранг) – АКт (3-й ранг) – АК^{ГМ} (4-й ранг) – Сн (5-й ранг) – Ск (6-й ранг).

При разработке региональных эталонов почв в качестве функции (зависимой величины) были выстроены основные агрохимические свойства почв).

По результатам двухфакторного информационного анализа выявлена зависимость признаков (агрехимических свойств почв) от таксономической группы и генетического горизонта. Установлено, что такие агрохимические признаки, как мощность гумусового горизонта $M_{P_{U+B}}$, см (0,2740); степень солонцеватости А (0,2254); рН (0,1417); содержание гумуса (0,0990) обладают наибольшими значениями таксономического веса признака (табл. 1), т.е. данные свойства наиболее интенсивно отражают различия, связанные с отражением разных процессов почвообразования (дернового, агрогенного).

Наибольшее значение таксономического веса признака у $M_{P_{U+B}}$ может быть обусловлено выделением различных таксонов антропогенно-преобразованных почв (агрообразов, агроземов, КиДПР 2004), выделение которых основано на уменьшении мощности профиля вследствие проявления деградиционных (эрозионных) процессов при антропогенном использовании территории.

Достаточно высокий таксономический вес между типом почвы и содержанием гранулометрических фракций по горизонтам (илу – 0,0915 и физической глине – 0,0902), что указывает на различия по этим показателям в выделенных таксономических группах.

Такие агрохимические свойства, как содержание подвижного фосфора (0,0450), валового азота (0,0343) имеют низкие значения коэффициента эффективности передачи информации, низкий таксономический вес признака, что указывает на то, что тип почвообразования отражается на этих свойствах незначительно.

Возможности двухфакторного информационно-логического анализа позволили определить специфичные (наиболее вероятные) состояния свойств для каждой таксономической группы исследуемых почв, набор которых может служить эталоном определенного типа (подтипа) для данного региона, т.е. их количественной моделью. Набор специфичных состояний, характеризующих региональные эталоны района исследования, представлены в таблице 2. Например, для эталона агрообразема текстурно карбонатного ($ААБ_{тк}$) специфично содержание гумуса в пахотном горизонте (Р) 0,51-1,00% (2-й ранг), укороченная мощность гумусового горизонта 20,1-25,0 см (3-й ранг), щелочная реакция среды рН 7,01-7,50 (2-й ранг); содержание поглощенного кальция 10,1-20,0 мг-экв/100 г (2-3-й ранги);

содержание поглощенного магния 3,1-7,0 мг-экв/100 г (2-3-й ранги). По обеспеченности подвижными питательными веществами специфичны содержания по подвижному фосфору <10,0-15,0 мг/100 г (1-2-й ранги) и по подвижному калию 10,1-20,0 мг/100 г (2-3-й ранги).

Для эталона агрозема темного аккумулятивно-карбонатного ($Аз_{так}$) специфичен аккумулятивный характер распределения веществ по генетическим горизонтам, прослеживается слабая степень иллювиования в профиле.

У эталона агрокаштановой почвы (АКт) для таких свойств, как содержание гумуса, содержание подвижных питательных веществ, содержание обменного магния, валового азота специфичен аккумулятивный характер распределения веществ по генетическим горизонтам. Для пахотного горизонта специфична нейтральная рН среды (Р) 7,00 (1-й ранг), для горизонта В – характерно подщелачивание до 7,50 (2-й ранг). По гранулометрическому составу специфичным является содержание фракции ила 10,1-15,0% (2-й ранг), а по физической глине прослеживается облегчение гранулометрического состава, что, возможно, связано с дефляцией.

У эталона агрокаштановой гидрометамофизованной почвы ($АК^{ГМ}$) в генетических горизонтах прослеживается аккумулятивный характер распределения веществ по генетическим горизонтам: по содержанию гумуса, содержанию подвижных питательных веществ, содержанию валового азота. По гранулометрическому составу специфично содержание ила в пахотном горизонте 15,1-20,0% (3-й ранг), в подпахотном – 15,1-25,0% (3-4-й ранги), содержание физической глины, соответственно, в горизонте Р 5-6-й ранги и в горизонте В 5-й ранг, что указывает на слабую дифференциацию этих признаков (табл. 2).

Эталон солонца (Сн) характеризуется таким же характером распределения веществ по основным агрохимическим показателям, но прослеживается тенденция уменьшения мощности гумусового горизонта, содержания гумуса в верхнем горизонте на 1-2 ранга, содержания подвижного калия на 1-5 рангов по сравнению с другими эталонами, увеличение рН в пахотном (на 2-3 ранга) и подпахотном (на 3-4 ранга) горизонтах. По гранулометрическому составу специфична четкая дифференциация ила и физической глины по генетическим горизонтам. Прослеживается тенденция облегчения

пахотного горизонта по илу на 1-3 ранга по сравнению с подпахотным горизонтом, утяжеления подпахотного горизонта на 1-3 ранга при сравнении с другими эталонами.

Солончаки относятся к интразональным почвам для данного района исследования. У эталона солончака прослеживается самая низкая обеспеченность гумусом по профилю, соответствующая 1-му рангу, высокая обеспеченность обменным калием (6-й ранг), максимальная величина рН в пахотном горизонте (4-5-й ранги), увеличение содержания гранулометрических фракций в профиле почв на 3-4 ранга в сравнении с другими эталонами.

Сравнивая эталоны региональных почв, выявляются различия в свойствах выделенных почвенных разностей. Для агрообразца текстурно-карбонатного и агрозема темного аккумулятивно-карбонатного специфичны наименьшие ранги обеспеченности по агрохимическим показателям, что подтверждает принцип выделения этих таксонов, основанном на отражении интенсивности эрозионных процессов, приводящих к деградации почв, уменьшению мощности почвенного профиля. Например, агрообразец текстурно-карбонатный характеризуется меньшей мощностью гумусового горизонта на 1 ранг по сравнению с агроземом темным аккумулятивно-карбонатным и на 2 ранга по сравнению с агрокаштановой и агрокаштановой гидророметаморфизированной. Такая же тенденция прослеживается при сравнении в пахотных горизонтах содержания гумуса (разница на 1 ранг в сравнении с Аз_{так}, на 3 ранга – с АК_т и АК^{гм}), содержания подвижных питательных веществ

(на 1-2 ранга соответственно), облегчение по гранулометрическому составу на 1 ранг в сравнении с Аз_{так}, АК_т и на 2,3 ранга в сравнении с АК^{гм}. При этом отмечена тенденция увеличения рН и степени солонцеватости в пахотном горизонте на 1 ранг в сравнении с вышеуказанными почвами. Возможно, это связано с вовлечением в агрообработанный горизонт (РВ) (т.е. А+В₁ в соответствии с классификацией почв, 1977) нижележащего карбонатного горизонта.

Сравнивая эталоны автоморфной агрокаштановой и полугидроморфной агрокаштановой гидророметаморфизированной почв, прослеживается тенденция отсутствия различий практически по всем показателям агрохимических свойств в пахотных горизонтах. Это, по-видимому, связано с процессом гомогенизации этих горизонтов, возникшим вследствие сельскохозяйственного использования территории. В подпахотном же горизонте эти признаки сохранились и у агрокаштановой гидророметаморфизированной почвы, специфичные состояния по всем признакам на 1, 2 ранга выше в сравнении с агрокаштановой.

Особенность прослеживается и в специфичных состояниях содержания гранулометрических фракций, тенденция увеличения которых отмечена у агрокаштановой гидророметаморфизированной (на 1 ранг по илу и 2-3 ранга по физической глине) как в пахотном, так и в подпахотном горизонтах по сравнению с агрокаштановой. Это связано с приуроченностью АК^{гм} к пониженным элементам мезорельефа, переносом и аккумуляцией ила и глинистых частиц поверхностным стоком.

Таблица 1

Теснота связи между свойствами почв и почвенными разностями

Свойства	Таксономическая единица почв (тип, подтип)
Мощность (M _{A+AB}), см	0,2740
Содержание гумуса, %	0,0990
Кислотность (рН)	0,1417
Содержание поглощенного кальция (Ca), мг-экв/100г	0,0668
Содержание поглощенного магния (Mg), мг-экв/100г	0,0854
Содержание подвижного фосфора (P ₂ O ₅), мг/100 г	0,0450
Содержание подвижного калия (K ₂ O), мг/100 г	0,0712
Содержание валового азота (N _b), %	0,0343
Степень солонцеватости (A), %	0,2254
Содержание ила (частицы <0,001 мм), %	0,0915
Содержание физической глины (частицы <0,01 мм), %	0,0902

Таблица 2

Специфические состояния свойства почв основных таксономических групп региональных эталонов по субстантивно-генетической классификации почв

Свойства	Размерность специфических состояний, метрическое значение (ранг)									
	ААБ _{тк}		Аз _{так}		АК _т		АК ^{тм}		Сн	
	РВ	Р	ВМК	Р	ВМК	Р	ВМК	АЖ	ЕЛ	
Мощность, А+АВ, см	20,1-25,0 (3)		25,1-30,0 (4)		30,1-35,0 (5)		30,1->35,1 (5-6)		25,1-30,0 (4)	
Гумус, % (ранг)	0,51-1,00 (2)	0,51-1,50 (2,3)	<0,50 (1)	>2,01 (5)	1,01-1,50 (3)	>2,01(5)	1,51->2,01 (4,5)	1,51->2,01 (4,5)	0,51-1,00 (2)	
рНв	7,01-7,50 (2)	<7,00 (1)	<7,00-7,50 (1,2)	<7,00 (1)	7,01-7,50 (2)	<7,00 (1)	7,01-7,50 (2)	7,51-8,50 (3-4)	>8,51 (5)	
Са, мг-экв/100 г	10,1-20,0 (2,3)	<10,0-15,0 (1,2)	<10,0-15,0 (1,2)	20,1-25,0 (4)	20,1->25,1 (4,5)	>25,1 (5)	>25,1 (5)	10,1-15,0 (2)	<10,0 -15,0 (1,2)	
Мg, мг-экв/100 г	3,1-7,0 (2,3)	<3,0-5,0 (1,2)	<3,0 (1)	5,1-7,0 (3)	5,1-7,0 (3)	<3,0-5,0 (1-2)	7,1->9,1 (4,5)	>9,1(5)	7,1->9,1 (4,5)	
Р ₂ О ₅ , мг/100 г	<10,0-15,0 (1,2)	15,1-25,0 (3,4)	10,1-15,0 (2)	15,1-20,0 (3)	10,1-15,0 (2)	>25,1 (5)	15,1-20,0 (3)	20,1->25,1 (4,5)	20,1->25,1 (4,5)	
К ₂ О, мг/100 г	10,1-20,0 (2,3)	20,1-30,0 (4,5)	<10,0 -15,0 (1,2)	>30,1 (6)	15,1-20,0 (3,4)	>30,1 (6)	25,1->30,1 (5,6)	<10,0 (1)	25,1-30,0 (5)	
Нв, %	<0,05 -0,10 (1,2)	0,11-0,15 (3)	<0,05 -0,10 (1,2)	0,11-0,15 (3)	0,11-0,15 (3)	>0,16 (4)	0,11->0,16 (3-4)	>0,16 (4)	0,06-0,10 (2)	
Ил (<0,001 мм); %	<10,0-15,0 (1,2)	10,1-20,0 (2,3)	<10,0-15,0 (1,2)	10,1-15,0 (2)	10,1-15,0 (2)	15,1-20,0 (3)	15,1-25,0 (3-4)	<10,0 (1)	15,1-25,0 (3,4)	
ФГ(<0,01 мм), %	15,1-25,0 (2,3)	20,1-30,0 (3,4)	<15,0-25,0 (1,3)	20,1-30,0 (3,4)	25,1-35,0 (4,5)	30,1-40,0 (5-6)	30,1-35,0 (5)	<15,0 (1)	35,1-40,0 (6)	
А, %	<3,0-5,0 (1,2)	<3,0 (1)	<3,0 (1)	<3,0 (1)	<3,0 (1)	<3,0 (1)	<3,0 (1)	5,1-15,0 (3,4)	5,1->15,1 (3-5)	

Примечание. ААБ_{тк} – агрообразом текстурно-карбонатный; Аз_{так} – агрозем темный аккумулятивно-карбонатный; АК_т – агрокаштановая гидрометаморфизованная; Сн – солонец; Сж – солончак; горизонты: РВ – агроабрадированный; Р – агрогумусовый; ВМК – ксерометаморфический; АЖ – светлогумусовый; ЕЛ – элювиальный.

Таким образом, в профиле разных таксономических групп региональных почв существуют отличия в их специфических состояниях. Существенная дифференциация признаков по горизонтам обусловлена проявлением основного дернового и сопутствующего агрогенного процессов почвообразования. Набор диагностических признаков для каждой таксономической группы (типа, подтипа) зональных почв и их горизонтов представляет собой количественную модель эталонов агрогенных почв. Полученные характеристики агрохимических свойств почв могут служить эталонами третьего почвенного района при мониторинге.

С помощью ИЛА, учитывая таксономический вес диагностического признака (агрохимического свойства) генетических горизонтов (пахотного и подпахотного) на основе сопоставления коэффициентов эффективности передачи информации (K_{эфф}), разработана качественная модель таксономических единиц региональной классификации почв. Модель учитывает качественный переход между почвенными группами (от одного таксона к другому) и имеет вид:

$$TP^{2005} = A^{ВМК} \boxtimes A^P \boxtimes (Ca^P \boxtimes Mg^{ВМК} \boxtimes Ca^{ВМК} \boxtimes M_{P+} + B \boxtimes (pH^P \boxtimes pN^P \boxtimes \Gamma^P)),$$

где TP – ранг типа почвы;

А, Са, Мg, М_{Р+В}, рН, Г – ранг типа почвы в зависимости от степени солонцеватости, содержания поглощенного Са, содержания поглощен-

ного Мg, мощности гумусового горизонта, реакции среды, содержания гумуса;

Р, ВМК – наименование горизонта (пахотного, подпахотного) в соответствии с субстантивно-генетической классификацией;

\boxtimes – знак логической функции нелинейного произведения.

Разработанная модель, отражающая действие и взаимодействие разных по силе факторов на изучаемое явление, позволяет с учетом ее физико-химических свойств (диагностических признаков) рассчитать ранг диагностируемой почвы, с достаточно высокой точностью определить ее принадлежность к конкретному таксону в соответствии с расчетным рангом. Модель можно использовать для диагностики почв при проведении мониторинговых исследований их агроэкологического состояния.

Прогностическая способность почвенной модели, выявленная при сопоставлении теоретических данных (расчетных) с фактическими, составляет: безошибочный прогноз – 56%, с ошибкой в 1 ранг – 72%, с ошибкой в 2 ранга – 28%.

Достоверность модели оценивалась с помощью метода корреляции (коэффициента корреляции), корреляция между фактическими и теоретическими значениями линейная, составляет $r=0,94$ (рис.), точность полученной модели – высокая.

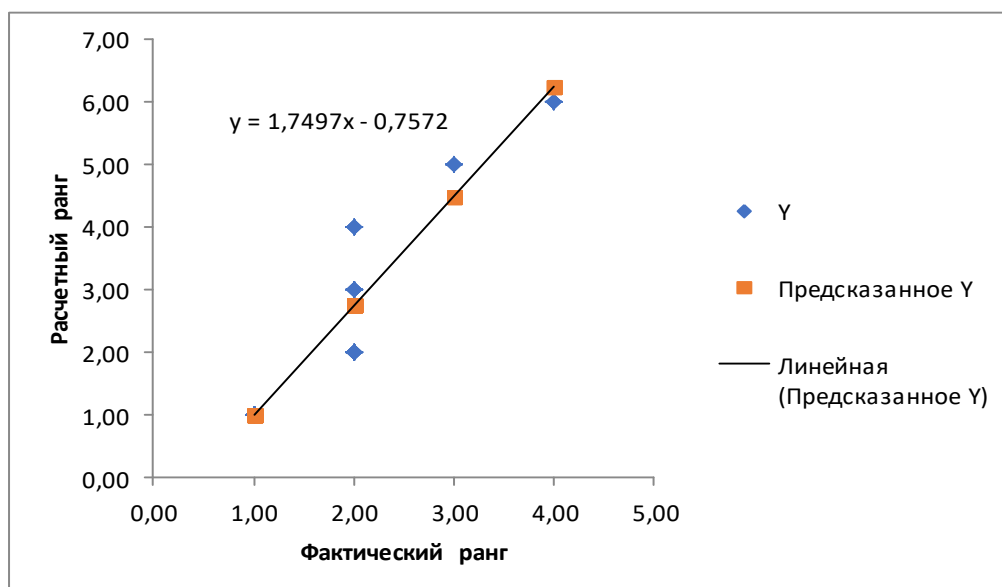


Рис. Зависимость между фактическим и расчетным рангами таксономических групп почв, выделенными в соответствии с субстантивно-генетической классификацией

Выводы

С помощью ИЛА определен таксономический вес диагностических признаков таксонов региональных эталонов почв для 3-го почвенного района.

По результатам ИЛА выявлена зависимость признаков (агрохимических свойств почв) от таксонов. Установлено, что наибольшими значениями таксономического веса обладают такие агрохимические признаки, как мощность гумусового горизонта M_{pH+B} , см (0,2740); степень солонцеватости A (0,2254); pH (0,1417); содержание гумуса (0,0990). Эти признаки наиболее отражают различия, связанные с отражением разных процессов почвообразования (дернового, агрогенной деградации).

На основе специфичных состояний разработаны количественные характеристики таксономических признаков для почв 3-го почвенного района Алтайского края. Разработана качественная информационно-логическая модель, позволяющая проводить диагностику основных типов почв исследуемой территории по субстантивно-генетической классификации, безошибочный прогноз которой составляет 56%, с ошибкой в 1 ранг – 72%.

Библиографический список

1. Мудрых, Н. М. Моделирование пространственной изменчивости агрохимических показателей почв в агроландшафтах Нечерноземья / Н. М. Мудрых, И. А. Самофалова. – Текст: непо-

средственный // Агрохимический вестник. – 2019. – № 5. – С. 17-24.

2. Просянкин, Е. В. Агрохимические аспекты устойчивого земледелия / Е. В. Просянкин. – Текст: непосредственный // Агрохимический вестник. – 2019. – № 5. – С. 13-17.

3. Чекмарев, П. А. Агрохимическое и агроэкологическое состояние почв, эффективность применения средств химизации и новых комплексных удобрений в Брянской области / П. А. Чекмарев, П. В. Прудников. – Текст: непосредственный // Достижения науки и техники АПК. – 2006. – № 7. – С. 24-33.

4. Система агрохимических показателей в региональной классификации почв Алтайского края / Е. Г. Пивоварова, Е. В. Кононцева, Ж. Г. Хлуденцов, Е. С. Попова. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2018. – № 8 (166). – С. 40-47.

5. 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.

6. Пивоварова, Е. Г. Моделирование агрохимических свойств в почве: учебно-методическое пособие / Е. Г. Пивоварова. – Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2015. – 52 с.

7. Классификация и диагностика почв СССР. – Москва: Колос, 1977. – 221 с. – Текст: непосредственный.

8. Кононцева, Е. В. Использование современной классификации почв в номенклатуре таксономических единиц почвенного покрова естественных и агроценозов Западной Сибири / Е. В. Кононцева, Ж. Г. Хлуденцов. – Текст: непосредственный // Почвоведение – продовольственной и экологической безопасности страны: тезисы докладов VII съезда Общества почвоведов имени В. В. Докучаева и Всероссийской с международным участием научной конференции (г. Белгород, 15-22 августа 2016 г.): в 2 частях. – Москва; Белгород: Изд-кий дом Белгород, 2016. – Ч. 1. – С. 180-181.

9. Классификация и диагностика почв России / составители: Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. Н. Лебедева. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с. – Текст: непосредственный.

10. Соколов, И. А. Теоретические проблемы генетического почвоведения / И. А. Соколов. – Новосибирск, 2004. – 296 с. – Текст: непосредственный.

11. Пузаченко, Ю. Г. Возможности применения информационно-логического анализа при изучении почвы на примере ее влажности / Ю. Г. Пузаченко, Л. О. Карпачевский, Н. А. Взнуздаев // Закономерности пространственного варьирования свойств почв и информационно-статистические методы их изучения. – Москва: Наука, 1970. – С. 103-121.

References

1. Mudrykh N.M. Modelirovanie prostranstvennoy izmenchivosti agrokhimicheskikh pokazateley pochv v agrolandshaftakh Nechernozemya / N.M. Mudrykh, I.A. Samofalova // Agrokhimicheskii vestnik. – 2019. – No. 5. – S. 17-24.

2. Prosyannikov E.V. Agrokhimicheskie aspekty ustoychivogo zemledeliya / E.V. Prosyannikov // Agrokhimicheskii vestnik. – 2019. – No. 5. – S. 13-17.

3. Chekmarev P.A. Agrokhimicheskoe i agroekologicheskoe sostoyanie pochv, effektivnost primeneniya sredstv khimizatsii i novykh kompleksnykh udobreniy v Bryanskoj oblasti /

P.A. Chekmarev, P.V. Prudnikov // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2006. – No. 7. – S. 24-33.

4. Pivovarova E.G. Sistema agrokhimicheskikh pokazateley v regionalnoy klassifikatsii pochv Altayskogo kraja / E.G. Pivovarova, E.V. Konontseva, Zh.G. Khludentsov, E.S. Popova // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – No. 8 (166). – S. 40-47.

5. Pivovarova E.G. Matematicheskie modeli regionalnykh etalonov v agrokhimicheskom monitoringe pochv / E.G. Pivovarova, E.V. Konontseva, Zh.G. Khludentsov, I.P. Averyanova // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2019. – No. 8 (178). – S. 54-62.

6. Pivovarova E.G. Modelirovanie agrokhimicheskikh svoystv v pochve: uchebno-metodicheskoe posobie / E.G. Pivovarova. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2015. – 52 s.

7. Klassifikatsiya i diagnostika pochv SSSR. – Moskva, Kolos, 1977. – 221 s.

8. Konontseva E.V. Ispolzovanie sovremennoy klassifikatsii pochv v nomenklature taksonomicheskikh edinits pochvennogo pokrova estestvennykh i agrotsenozov Zapadnoy Sibiri / E.V. Konontseva, Zh.G. Khludentsov // Pochvovedenie – prodovolstvennoy i ekologicheskoy bezopasnosti strany: tezisy dokladov VII sezda Obshchestva pochvovedov im. V.V. Dokuchaeva i Vserossiyskoj s mezhdunar. uchastiem nauch. konf. (Belgorod, 15-22 avgusta 2016 g.): v 2 ch. – Moskva - Belgorod: Izdatelskiy dom Belgorod, 2016. – Ch. 1. – S. 180-181.

9. Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii / sost. L.L. Shishov, V.D. Tonkonogov, I.N. Lebedeva. – Smolensk: Oykumena, 2004. – 342 s.

10. Sokolov I.A. Teoreticheskie problemy geneticheskogo pochvovedeniya. – Novosibirsk, 2004. – 296 s.

11. Puzachenko Yu.G. Vozmozhnosti primeneniya informatsionno-logicheskogo analiza pri izuchenii pochvy na primere ee vlazhnosti / Yu.G. Puzachenko, L.O. Karpachevskiy, N.A. Vznuzdaev // Zakonomernosti prostranstvennogo varirovaniya svoystv pochv i informatsionno-statisticheskie metody ikh izucheniya. – Moskva: Nauka, 1970. – S. 103-121.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-44-220003/20 и Минобрнауки Алтайского края № Н-40.

