

Научная статья
УДК 631.45(571.63)
DOI: 10.37102/0869-7698_2022_223_03_1

Состояние и трансформация плодородия почв Приморского края

А.Н. Емельянов ✉, Ю.И. Слабко, Л.Н. Пуртова, О.В. Мохань

Алексей Николаевич Емельянов

кандидат сельскохозяйственных наук, директор
Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки,
Уссурийск, пос. Тимирязевский, Россия
emelyanov.prim@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7112-7855>

Юрий Иванович Слабко

доктор биологических наук

Людмила Николаевна Пуртова

доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник
Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО
РАН, Владивосток, Россия
purtova@biosoil.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7776-7419>

Оксана Викторовна Мохань

кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель директора по научной работе
Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки,
Уссурийск, пос. Тимирязевский, Россия
oksana.mohan@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7660-3348>

Аннотация. Охарактеризовано состояние плодородия агрогенных почв, наиболее широко используемых в системе земледелия Приморского края с учетом уровня их агрохимического состояния (АСП). Приведены данные об энергозапасах, связанных с содержанием гумуса, различных по генезису агрогенных почв с различным типом АСП. Показана перспективность использования комплексного интегрального показателя плодородия КАП при разработке рационального применения системы удобрений в почвах агроландшафтов. Разработаны шкалы для оценки состояния плодородия агрогенных почв с различным типом АСП. Обоснована необходимость создания центра агрохимической службы в Приморском крае.

Ключевые слова: агрогенные почвы, плодородие, восстановление, агрохимическое состояние, энергозапасы, оценка, содержание гумуса

© Емельянов А.Н., Слабко Ю.И., Пуртова Л.Н., Мохань О.В., 2022

Для цитирования: Емельянов А.Н., Слабко Ю.И., Пуртова Л.Н., Мохань О.В. Состояние и трансформация плодородия почв Приморского края // Вестн. ДВО РАН. 2022. № 3. С. 7–17. http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_223_03_1.

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (темы № 121031000134-6, № 0812-2019-0022).»

Original article

Status and transformation of soil fertility in Primorye Territory

A.N. Emel'yanov, [Yu.I. Slabko](#), L.N. Purtova, O.V. Mokhan'

Aleksei N. Emel'yanov

Candidate of Sciences in Agriculture

Director

Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A.K. Chaika,

Ussuriysk, Timiryazevsky village, Russia

emelyanov.prim@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7112-7855>

[Yurii I. Slabko](#)

Doctor of Science in Biology

Lyudmila N. Purtova

Doctor of Science in Biology

Leading researcher

Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity of FEB RAS, Vladivostok,

Russia

purtova@biosoil.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7776-7419>

Oksana V. Mokhan'

Candidate of Sciences in Agriculture

Deputy Director for Science

Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A.K. Chaika,

Ussuriysk, Timiryazevsky village, Russia

oksana.moxan@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7660-3348>

Abstract. This paper characterizes the fertility status of agrogenic soils that are the most widely used in the system of agriculture in Primorsky Krai with consideration of their chemical condition (SCC). Data are provided on the humus-associated energy content of arable soils of various genesis and with different types of SCC. The paper shows the potential benefits of using a complex integrated fertility index (CIFI) in the development of rational fertilizer management in soils of agricultural landscapes. Scales were developed for assessing the fertility status of agrogenic soils with different types of SCC. The paper justifies the need for the establishment of an agrochemical service center in Primorye Territory.

Keywords: agrogenic soils, soil fertility, restoration, soil chemical condition, energy content, assessment, humus content

For citation: Emel'yanov A.N., Slabko Yu.I., Purtova L.N., Mokhan' O.V. Status and transformation of soil fertility in Primorye Territory. *Vestnik of the FEB RAS*. 2022;(3):7-17. (In Russ.). http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_223_03_1.

Funding. The research was carried out within the state assignment of Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (theme No. 121031000134-6, theme No. 0812-2019-0022).

Введение

В настоящее время актуальна проблема ограниченности почвенных ресурсов, прежде всего плодородных почв. Особую значимость она приобретает сейчас в связи с изменившимися экологическими условиями. Сохранение и воспроизводство плодородия пахотных почв является важнейшей частью стратегии сбалансированного развития агропромышленного комплекса и обеспечения продовольственной безопасности России [1, 2], поскольку внедрение интенсивных технологий требует создания необходимых условий для увеличения объемов производства высококачественной сельскохозяйственной продукции на основе повышения плодородия почв сельскохозяйственных угодий* [3].

При земледельческом использовании почвы ее плодородие снижается, так как для производства растениеводческой продукции расходуются органическое вещество и элементы минерального питания, ухудшаются условия водно-воздушного режима, фитосанитарное состояние, микробиологическая деятельность и т.д. [4].

Оптимизация свойств и режимов пахотных почв – важнейшая задача повышения их плодородия. При этом под оптимизацией понимается система мероприятий, направленная на изменение свойств и режимов в целях получения максимальной продуктивности культурных растений при минимальных затратах, включая приемы регулирования водно-воздушного режима, баланса элементов питания, физико-химических и биологических свойств. Теоретические и практические основы оптимизации применительно к условиям Приморья рассмотрены в работах Э.П. Синельникова [5, 6].

Наиболее простыми и доступными способами улучшения физико-химических свойств почв, повышения содержания в ней питательных элементов и оптимизации плодородия являются относимые к химизации. Теоретически они должны компенсировать вынос питательных элементов с урожаем и другие потери, т.е. обеспечить их нулевой баланс. Это безопасно с точки зрения получения экологически чистой продукции, но сопровождается снижением плодородия (в связи с возрастанием процессов минерализации органического вещества), а в дальнейшем и продуктивности культур [7, 8].

Деградация и восстановление плодородия почв – прямые следствия выращивания урожая. При выращивании и отчуждении урожая изменяются все свойства плодородия. Эти изменения необходимо контролировать через оценку свойств

* Федеральный закон от 16.07.98 № 101-ФЗ «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения». – <https://base.garant.ru/12112328/> (дата обращения: 05.05.2021).

почвы по отношению к возможному оптимальному значению. Из всего комплекса агрохимических свойств почв, которые отражают состояние плодородия и с которыми связана урожайность культур, наибольший интерес представляют показатели, контролируемые агрохимической службой. К таким показателям относятся содержание гумуса, NPK, сумма обменных оснований и гидролитическая кислотность, а также рН солевой суспензии [4, 9]. К сожалению, в Приморском крае в настоящее время центр агрохимической службы прекратил свое существование.

Естественные факторы почвообразования, реализовавшие себя в создании генетических типов почв, и производственная деятельность (обработка, мелиорация, удобрения) сформировали почвы, объединенные согласно их агрохимическому состоянию (АСП) в группы. Э.П. Синельников, Ю.И. Слабко на основании системного анализа данных 5-го тура агрохимических исследований, совпавшего с окончанием применения осушительных, оросительных, химических мелиораций и использованием удобрений, выделили 5 типов АСП. Характеристика АСП наиболее подробно приведена в монографической сводке «Агрогенезис почв Приморья» [10], которая явилась логическим продолжением монографии «Характеристика агроземов Приморья» [11]. В ней сделан упор на более детальное сравнение сложившегося агрохимического состояния пашни применительно к генетическим типам почв и к типам АСП. На основе выделения различных типов АСП с учетом занимаемых площадей почв произведен расчет энергозапасов, связанных с содержанием гумуса в различных гидротермических провинциях Приморского края [12]. Было установлено, что почвы с различным уровнем агрохимического состояния различимы в пределах исследованных генетических типов как по энергетическим условиям формирования, так и по энергозапасам, обусловленным содержанием гумуса.

Цель данной работы – характеристика состояния плодородия агрогенных почв Приморья, находящихся под воздействием антропогенного влияния разной степени.

Объекты и методы исследований

Объектом исследований явились почвы автоморфного, полугидроморфного, гидроморфного рядов, наиболее используемые в земледелии Приморского края и принадлежащие к разным типам АСП – бурые лесные, буро-отбеленные, лугово-бурые, луговые глеевые, а также пойменные. В работе применены аналитические и расчетные методы исследований. Кислотность почв (рН водный, рН солевой) определяли потенциометрически, поглощенные основания – по Шолленбергу, подвижный фосфор – по Кирсанову, гидролитическую кислотность – по Капшену, калий – по Масловой, содержание общего органического углерода – методом Тюрина. Энергетические показатели формирования почв (затраты энергии на почвообразование) вычисляли по методике, разработанной В.Р. Волобуевым [13]. Энергозапасы ($Q_{\text{Сорг}}$) в почвах для слоя 0–20 см рассчитаны по формуле: $Q_{\text{Собщ}} = 891,7 \cdot C_{\text{общ}} \cdot H \cdot d$ [14], где 891,7 – коэффициент пересчета в млн ккал/га, $C_{\text{общ}}$ – содержание органического углерода в почвах, H – мощность почвенного слоя (м), d – плотность сложения почвы ($\text{г}/\text{см}^3$). В работе использованы названия почв согласно классификации, предложенной Г.И. Ивановым [15].

Результаты и обсуждение

Процессы гумусообразования на юге Дальнего Востока России наиболее интенсивно протекают в теплый летне-осенний период, для которого характерны высокая биохимическая активность почв и ускоренный процесс разложения растительных остатков. Резкая смена температур и глубокое промерзание почв зимой ведут к консервации образованных органических веществ. В результате формируется небольшой по мощности гумусово-аккумулятивный горизонт с преобладанием гуминовых кислот над фульвокислотами в составе почвенного гумуса и фульвокислот в нижележащих горизонтах. Это является одной из специфических черт почв региона [12, 16]. Вовлечение почв в систему землепользования приводит к усилению процессов минерализации органического вещества, снижению содержания гумуса. Основным процессом почвообразования на юге Дальнего Востока является буроземообразование [15]. В составе почвенного покрова региона преобладают буроземы (бурые лесные почвы). За редким исключением все типы почв, кроме пойменных, в природном состоянии относятся к мало-мощным средним и тяжелым суглинкам, подстилаемым элювием глин морского и озерного происхождения. Почвы кислые, обедненные подвижными формами питательных веществ, слабОВОдОпроницаемые, влагоемки. Плотность поверхностных элювиальных горизонтов в течение вегетационного периода колеблется от 1,1 до 1,5 г/см³ при агрономически благоприятной плотности 1,15–1,25 г/см³. Пахотный слой 22–24 см характеризует среднюю степень окультуренности. Состояние плодородия установлено по результатам 5-го и 6-го туров агрохимического обследования сельскохозяйственных угодий площадью 1016 тыс. га (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика плодородия пахотного горизонта почв Приморского края

Показатель	Тип почвы				
	БЛ	БО	ЛБ	ЛГ	П
Гумус, %	3,12 ± 1,8	3,10 ± 0,97	3,58 ± 1,29	4,07 ± 1,47	3,49 ± 1,37
N _{лг} , мг/кг	73,2 ± 23,0	76,2 ± 21,6	79,3 ± 25,4	75,6 ± 25,3	72,0 ± 24,7
P ₂ O ₅ , мг/кг	42,5 ± 51,5	48,1 ± 48,5	50,6 ± 51,8	38,6 ± 88,0	165,3 ± 115
K ₂ O, мг/кг	110 ± 39,9	108 ± 38,2	112 ± 41,7	127 ± 43,5	122 ± 49,4
S, мг-экв /100 г почвы	17,9 ± 7,1	20,1 ± 6,7	22,0 ± 8,3	20,1 ± 6,3	17,6 ± 6,3
pH _{сол}	5,26 ± 0,66	5,37 ± 0,61	5,38 ± 0,67	4,96 ± 0,61	4,19 ± 2,58
Hг, мг-экв /100 г почвы	3,70 ± 2,3	3,42 ± 2,23	3,61 ± 2,52	5,31 ± 3,06	4,19 ± 2,58

Примечание. БЛ – бурые лесные, БО – бурые отбеленные, ЛБ – луговые бурые, ЛГ – луговые глеевые, П – пойменные почвы; N_{лг} – азот легкогидролизуемый, S – сумма поглощенных оснований, Hг – гидролитическая кислотность.

Результаты средних аналитических определений свидетельствуют о их больших вариациях по генетическим типам почв. В пределах типа наблюдаются изменения, вызванные антропогенным влиянием. Все изменения, касающиеся физико-химических показателей почв, прямо или косвенно связаны с применяемой системой удобрений.

На период с 1965 г. по 1990-е годы пришлась интенсификация земледелия за счет химизации и мелиорации. Количество построенных и введенных в эксплуатацию

мелиорируемых пахотных земель превысило 180 тыс. га, включая 90 тыс. га орошаемых. Больших размеров достигло внесение извести и молотых фосфоритов (табл. 2). В результате произошли значительные изменения в показателях плодородия почв разных типов (табл. 3).

Таблица 2

Мероприятия по повышению плодородия пахотных почв в Приморском крае

	Годы						
	1965–1970	1971–1975	1976–1980	1981–1985	1986–1990	1991–1995	1996–2000
Внесение удобрений*							
минеральных, тыс. т д.в.	34,1	52,9	78,8	77,7	82,0	23,3	2,5
органических, млн т	1,1	1,2	1,9	2,5	2,4	0,9	0,07
Агромелиорация*							
известью, тыс. га	27,9	42,2	48,9	57,8	65,1	21,2	0,02
фосфоритами, тыс. га	–	–	19,4	35,9	14,9	0,1	–

*Приведены среднегодовые объемы внесения по каждому периоду.

Примечание. Прочерк – фосфоритование не проводилось.

Таблица 3

Средневзвешенные показатели плодородия (по периодам обследования) почв Приморского края

Показатель	Годы					
	1964–1970	1971–1977	1978–1984	1985–1989	1990–1994	1995–2000
Гумус, %	–	–	–	3,4	3,5	3,5
P ₂ O ₅ , мг/кг	17	18	26	34	40	42
K ₂ O, мг/кг	100	110	111	109	102	98
pH _{сол}	4,8	4,8	4,9	5,1	5,2	5,2

Примечание. Прочерк – нет данных.

Видится целесообразным объединение всех пахотных почв по общности морфологических и химических показателей в классы агроземов, разделенных по величине и соотношению отдельных свойств. Расчет энергетических параметров агрогенных почв с разными АСП показал, что наиболее низкие показатели энергозапасов свойственны автоморфным почвам – буроземам (бурым лесным) и буро-отбеленным (365 и 405 млн ккал/га). Среднее отношение затрат энергии у них на почвообразование (Q_1) и аккумуляцию в гумусе (Q_2) составило 9,8 к 9,1. Это свидетельство интенсивно идущих процессов минерализации органического вещества. Автоморфные почвы с различными АСП [10] существенно различались по величине энергозапасов и показателям Q_1/Q_2 . В бурых лесных почвах 5-го и 3-го типов АСП очень низкие энергозапасы – 191 и 275 млн ккал/га и высокое соотношение Q_1/Q_2 (16,5) по сравнению с почвами 1-го и 2-го типов АСП (440 и 371 млн ккал/га; $Q_1/Q_2 = 7,1$ и $7,9$ соответственно). Тогда как в бурых лесных почвах с 4-м типом АСП энергозапасы возрастали до 542 млн ккал/га, а показатель Q_1/Q_2 снижался до 5,6. В буро-отбеленных почвах основная тенденция изменчивости показателей Q_2 и Q_1/Q_2 с различным типом АСП несколько отличалась от бурых лесных почв. В буро-отбеленных почвах с 1-м и 4-м типами АСП зафиксированы средние показатели энергозапасов (518 и 613 млн ккал/га) и низкое

соотношение Q_1/Q_r (6,3 и 6,5). В буро-отбеленных почвах, все агрохимические показатели которых близки к среднестатистическим значениям (АСП2), энергозапасы низкие (394 млн ккал/га), а $Q_1/Q_r = 8,5$. В почвах с 3-м и 5-м типами АСП, т.е. с минимальными значениями агрохимических показателей (АСП3) и низким содержанием гумуса и питательных элементов (АСП5), энергозапасы низкие (237 и 275 млн ккал/га), а отношение Q_1/Q_r высокое – 13,0 и 12,5. Для лугово-бурых почв наибольшие энергозапасы свойственны почвам с 1-м и 4-м типами АСП (555 и 767 млн ккал/га), у них отношение Q_1/Q_r низкое – 5,6 и 4,5. Очень низкие показатели энергозапасов (275 и 285 млн ккал/га) и высокие Q_1/Q_r (11,4 и 11, 6) характерны для почв с АСП3 и АСП5.

В среднем у луговых глеевых почв $Q_r = 416$ млн ккал/га (почти как у лугово-бурых почв), соотношение $Q_1/Q_r = 7,5$, а самые высокие значения среди них – 597 и 575 млн ккал/га – у почв 1-го и 4-го типов АСП, у которых соотношение $Q_1/Q_r = 5,3$, что близко к показателю лугово-бурых почв с АСП1.

Пойменные почвы отличались от ранее рассмотренных высокой вариабельностью показателя Q_r – от очень высоких до низких значений. Средние и высокие значения Q_r присущи пойменным почвам с АСП1 и АСП4. Соотношение Q_1/Q_r составило 6,8 и 4,5. У почв 2-го и 5-го типов АСП очень низкие показатели энергозапасов (280 и 282 млн ккал/га) и высокое соотношение Q_1/Q_r (11,3 и 12,0) [12].

Таким образом, почвы с разным уровнем агрохимического состояния различимы в пределах исследованных генетических типов как по энергетическим условиям формирования, так и по связанным с содержанием гумуса энергозапасам почв. По показателям соотношения затрат энергии на почвообразование и энергии, аккумулированной в гумусе, наиболее резко дифференцируются почвы буроземного (9,3–11,3) и глееземного (5,3–7,4) рядов. Пойменные почвы занимают промежуточное положение (4,5–6,8).

Разработка и детальная характеристика АСП, проведенная на основании результатов 5- и 6-летних туров сплошного агрохимического обследования, позволила решить две основные задачи: систематизировать и оценить данные всех агрохимических свойств, разработать интегральный комплексный показатель плодородия (КАП), необходимый в качестве базы для использования рациональной системы удобрения. По мнению Э.П. Синельникова и Ю.И. Слабко, по своей сути КАП выступает своеобразной моделью определенного уровня плодородия рангом от «недопустимо низкого» до «высокого» [10]. Для его нахождения достаточно данных основных агрохимических свойств почвы, определяемых в системе агрохимслужбы Российской Федерации. Модель высшего порядка помимо агрохимических свойств включает целый ряд дополнительных показателей: биогенность, гидрофизические свойства, микроэлементный состав и др. основополагающим фактором создания модели определенного уровня плодородия, ориентированной на оценку агрохимического состояния почвы, является соотношение двух составляющих: 1) содержание гумуса и подвижных питательных веществ и 2) оптимальность показателей физико-химических свойств почв (ФХС). Данный фактор был положен в основу классификационной схемы плодородия с выработкой критериев для оценки плодородия агроземов по величине КАП (табл. 4) [10].

В этой оценке существенная роль принадлежит доказательной базе по направленности изменений отдельных свойств и интегральных показателей в связи с производственной деятельностью. Кроме того, условия использования пахотных земель включают требования государственного надзора за рациональным

**Критерии оценки модели плодородия агроземов Приморья
по величине комплексного агрохимического показателя (КАП)**

Тип АСП	Соотношение (Г + NPK) и ФСК	Коэффициент оптимальности	КАП
1	Оптимальное высокое	0,60–0,70	>60
2	Оптимальное среднее	0,80–0,90	40–60
3	Оптимальное низкое	0,55–0,65	20–40
4	(Г + NPK) > ФХС	0,60–0,70	30–40
5	(Г + NPK) < ФХС	0,55–0,65	30–40

Примечание. Г – гумус.

природопользованием, для чего необходима регистрация исходного АСП с последующей оценкой во времени.

Комплексная оценка АСП основывается на каждом отдельном свойстве, определяемом в системе агрохимической службы. Это содержание гумуса, доступных элементов – азота, фосфора и калия, обменной и гидролитической кислотности, суммы поглощенных оснований. Индивидуальная оценка каждого аналитического показателя выражается через отношение фактического показателя к нормативному оптимальному:

$$B = 100 [(X_{\text{факт}} - X_{\text{мин}}) : (X_{\text{опт}} - X_{\text{мин}})] \text{ (в баллах)}.$$

Обобщенная оценка АСП рассчитывается по сумме индивидуальных показателей, поделенных на их число. За базовое оптимальное свойство принята встречаемость в пределах произвольно установленного диапазона (ранга) в массиве данных. Так, при ранжировании показателей содержания гумуса и графическом их выражении в виде зоны максимальной встречаемости установлены более 60 % данных в пределах 3,2–4,6 %. При этом за оптимум принят верхний предел встречаемости, т.е. 4,6 %. Соответственно для содержания подвижных показателей фосфора и калия приняты оптимальные значения 75 и 175 мг/кг, а для $pH_{\text{сол}}$ – 5,8. Например, содержание гумуса в почве 3,2 %. В баллах оно равно $100 [(3,2 - 0,5) : (4,6 - 0,5)] = 65,9$ (0,5 – нижний предел показателя). Такая же схема расчета принята для показателя $pH_{\text{сол}}$, доступных P_2O_5 и K_2O , а при необходимости и других. Балльная система подсчета позволяет суммировать и усреднять разные показатели, поскольку они выражены в единой системе измерений. За период химизации (1968–2000 гг.) оценка АСП с исходных 46 баллов повысилась до 68.

Современное состояние плодородия почвы зависит от степени окультуренности, т.е. результатов выполнения мероприятий по увеличению мощности пахотного слоя в сочетании с органическими удобрениями, известкованием, фосфоритованием (табл. 5).

Интегральная оценка (КАП) показывает неоднозначный результат в отношении системы удобрений. Так, 39 % всей пашни имеет высокое плодородие. Высокие показатели урожайности могут быть достигнуты с применением небольших доз удобрений при локальном внесении. Иначе обстоит дело с низкой оценкой АСП. Здесь необходимо внести полные расчетные дозы удобрений с поправкой на конкретные индивидуальные оценки свойств, а также использовать приемы периодической подкормки в течение вегетации.

Таблица 5

Современная оценка плодородия пахотных почв Приморского края

Показатель	Оценка агрохимического состояния почв		
	высокая	средняя	низкая
Гумус, %	5,06	3,45	2,18
P ₂ O ₅ , мг/кг	88	47	16
K ₂ O, мг/кг	207	109	74
pH _{сол}	6,39	5,30	4,38
КАП, балл	87	61	23
Площадь, % от общей	39	16	45

Полные дозы удобрений культур установлены эмпирически. Для большинства культур полевого севооборота они составляют 60–90 кг фосфора и калия, а для кукурузы, картофеля и овощных культур они повышаются до 120 кг/га.

Очевидно, система удобрений должна опираться на результаты оценки агрохимического состояния конкретного земельного участка. Документальным подтверждением результатов являются агрохимические карты и картограммы. Поэтому нужны уточненные расчеты рациональных доз удобрений. Например, при среднем содержании фосфора 47 мг/кг (табл. 5) запас его на 1 га составляет 129 кг (0,1 x 47 x 22 x 1,25). Коэффициент использования фосфора из почвенного запаса зависит от агротехники и при разбросном внесении достигает не более 20 %. Следовательно, в лучшем случае использование фосфора из почвы равно 25,8 кг/га. При содержании фосфора в зерне пшеницы 1,2 % возможная урожайность составит 21–22 ц. Содержание фосфора в зерне сои с учетом нетоварной продукции – 1,5 %. Урожайность сои может составить $25,8 / 1,5 = 17,2$ ц зерна. При среднем АСП 67 баллов планируемая урожайность может соответствовать 25 ц. Разницу $25 - 17,2 = 7,8$ ц следует компенсировать фосфорным удобрением в дозе: $7,8 \times 1,5 / 0,3 = 39$ кг/га, где 0,3 – коэффициент использования фосфора из удобрений. Для этого достаточно внести 1 ц на 1 га аммофоса локальным способом.

Заключение

Дана характеристика состояния плодородия почв, наиболее используемых в земледелии Приморского края. Отмечены значительные изменения в показателях плодородия почв разных типов. Рассчитаны энергетические параметры агрогенных почв с разным типом агрохимического состояния почв (АСП). Систематизированы и оценены данные всех агрохимических свойств, разработан комплексный агрохимический показатель плодородия почв (КАП).

Важнейшей задачей в развитии земледелия в Приморском крае является восстановление Центра агрохимической службы, основная функция которого – проведение ежегодных туров агрохимических исследований, необходимых для мониторинга состояния основных физико-химических параметров агрогенных почв края с последующей разработкой рекомендаций по улучшению уровня их плодородия с учетом АСП.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Турусов В.И., Чевердин Ю.И., Титова Т.В., Беспалов В.А. Гумусное состояние сезонно-переувлажненных почв Каменной Степи // *Плодородие*. 2019. № 4. С. 33–36.
2. Лукин С.В. Мониторинг плодородия пахотных почв юго-западной части Центрально-Черноземного района России // *Агрохимия*. 2021. № 3. С. 3–14.
3. Божук С.Г., Евдокимов К.В., Плетнева Н.А., Саморуков В.И. Экологический маркетинг. СПб.: СПбГАУ, 2018. 140 с.
4. Левина О.А., Овчаренко А.А. Результаты агрохимических обследований почв правобережья Саратовской области // *Охрана биоразнообразия и экологические проблемы природопользования*. Пенза, 2021. С. 124–127.
5. Синельников Э.П. Оптимизация свойств и режимов периодически переувлажняемых почв. Уссурийск: ДВО ДОП РАН: ПГСХА, 2000. 296 с.
6. Синельников Э.П., Кравец И.А., Захарова Г.И. Агроэкологическая оценка пахотных земель Уссурийского района // *Аграрная политика и технология производства сельскохозяйственной продукции в странах Азиатско-Тихоокеанского региона*. Уссурийск: ПГСХА, 2001. С. 102–108.
7. Минеев В.Г., Дебречени Б., Мазур Г. Биологическое земледелие и минеральные удобрения. М.: Колос, 1993. 414 с.
8. Дорожко Г.Р. Земледелие. Ставрополь: Секвойя, 2017. 230 с.
9. Лапа В.В. Повышение плодородия почв и эффективности применения удобрений – основные приоритеты в развитии агрохимических исследований (на примере Республики Беларусь) // *Плодородие*. 2019. № 3. С. 3–6.
10. Синельников Э.П., Слабко Ю.И. Агрогенезис почв Приморья. М.: ГНУ ВНИИ агрохимии, 2005. 280 с.
11. Характеристика агроземов Приморья: монография / отв. ред. Ю.И. Слабко, Э.П. Синельников, В.И. Ознобихин. Уссурийск: ДВО ДОП РАН, 2002. 172 с.
12. Пуртова Л.Н., Костенков Н.М. Содержание органического углерода и энергозапасы в почвах природных и агрогенных ландшафтов юга Дальнего Востока России: оценка и методы индикации. Владивосток: Дальнаука, 2009. 124 с.
13. Волобуев В.Р. Введение в энергетику почвообразования. М.: Наука, 1974. 126 с.
14. Орлов Д.С., Гришина Л.А. Практикум по химии гумуса. М.: Изд-во МГУ, 1981. 272 с.
15. Иванов Г.И. Почвообразование на юге Дальнего Востока. М.: Наука, 1976. 199 с.
16. Хавкина Н.В. Гумусообразование и трансформация органического вещества в условиях переменного-глеевого почвообразования. Владивосток: ПГСХА: ДВО РАН, 2004. 270 с.

REFERENCES

1. Turusov V.I., Cheverdin YU.I., Titova T.V., Bepalov V.A. Gumusnoe sostoyanie sezonno-pereuvlazhnennykh pochv Kamennoi Stepi. *Plodorodie*. 2019;(4):33-36. (In Russ.).
2. Lukin S.V. Monitoring plodorodiya pahotnykh pochv yugo-zapadnoi chasti Central'no-Chernozemnogo raiona Rossii. *Agrohimiya*. 2021;(3):3-14. (In Russ.).
3. Bozhuk S.G., Evdokimov K.V., Pletneva N.A., Samorukov V.I. Ekologicheskii marketing. Saint-Petersburg: Saint-Petersburg State Agrarian Univ.; 2018. 140 p. (In Russ.).
4. Levina O.A., Ovcharenko A.A. Rezul'taty agrokhimicheskikh obsledovaniy pochv pravoberezh'ya Saratovskoi oblasti. In: *Proc. All-Russian Conf. "The conservation of biodiversity and ecological problems of natural resource management"*, 28-29 May 2021, Penza, Russia. Penza: Penza State Agrarian Univ.; 2021. P. 124-127. (In Russ.).
5. Sinel'nikov Eh.P. Optimizatsiya svoistv i rezhimov periodicheskii pereuvlazhnyayemykh pochv. Ussuriysk: FEB RAS: Primorskaya State Agricultural Academy; 2000. 296 p. (In Russ.).
6. Sinel'nikov Eh.P., Kravets I.A., Zakharova G.I. Agroekologicheskaya otsenka pakhotnykh zemel' Ussuriiskogo raiona. In: *Agrarnaya politika i tekhnologiya proizvodstva sel'skhozaystvennoi produktsii v stranah Aziatsko-Tihookeanskogo regiona* = [Proceedings of the International Research-to-Practice Conference "Agrarian politics and the technology of agricultural production in countries of the Asia-Pacific region", 16-18 October 2001, Ussuriysk, Russia]. Ussuriysk: Primorskaya State Agricultural Academy; 2001. P. 102-108. (In Russ.).

7. Mineev V.G., Debretseni B., Mazur G. Biologicheskoe zemledelie i mineral'nye udobreniya = [Biological agriculture and mineral fertilizers]. Moscow: Kolos; 1993. 414 p. (In Russ.).
8. Dorozhko G.R. Zemledelie = [Agriculture]. Stavropol: Sekvoiya; 2017. 230 p. (In Russ.).
9. Lapa V.V. Povyshenie plodorodiya pochv i effektivnosti primeneniya udobrenii – osnovnye priority v razvitiitii agrohimiicheskikh issledovaniitii (na primere Respubliki Belarus'). *Plodorodie*. 2019;(3):3-6. (In Russ.).
10. Sinel'nikov E.P., Slabko Yu.I. Agrogenezis pochv Primor'ya = [Agricultural genesis of soils in the Primorye territory]. Moscow: Pryanishnikov Institute of Agrochemistry; 2005. 280 p. (In Russ.).
11. Slabko Yu.I., Sinel'nikov E.P., Oznobikhin V.I. (eds-in-chief). Kharakteristika agrozemov Primor'ya: monografiya = [Characteristics of agricultural lands in the Primorye territory: monograph]. Ussuriysk: FEB RAS; 2002. 172 p. (In Russ.).
12. Purtova L.N., Kostenkov N.M. Soderzhanie organicheskogo ugleroda i ehnergozapasy v pochvakh prirodnykh i agrogennykh landshaftov yuga Dal'negu Vostoka Rossii: otsenka i metody indikatsii = [The content of organic carbon and energy in soils of natural and agricultural landscapes in the south of the Russian Far East: assessment and indication methods]. Vladivostok: Dal'nauka; 2009. 124 p. (In Russ.).
13. Volobuev V.R. Vvedenie v energetiku pochvoobrazovaniya = [Introduction to energetics of soil formation]. Moscow: Nauka; 1974. 126 p. (In Russ.).
14. Orlov D.S., Grishina L.A. Praktikum po khimii gumusa = [Practical course on the chemistry of humus]. Moscow: Moscow State Univ. Publ.; 1981. 272 p. (In Russ.).
15. Ivanov G.I. Pochvoobrazovanie na yuge Dal'negu Vostoka = [Soil formation in the south of the Russian Far East]. Moscow: Nauka; 1976. 199 p. (In Russ.).
16. Khavkina N.V. Gumusoobrazovanie i transformatsiya organicheskogo veshchestva v usloviyakh peremennu-gleevogu pochvoobrazovaniya = [Humus formation and transformation of the organic matter under the conditions of gley soil formation]. Vladivostok: Primorskaya State Agricultural Academy, FEB RAS; 2004. 270 p. (In Russ.).