

К ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЛУГОВО-БУРЫХ ПОЧВ ПРИМОРЬЯ

L.N. Purtova, M.L. Burdukovsky

TO THE ASSESSMENT OF ECOLOGICAL CONDITION OF MEADOW-BROWN SOILS OF PRIMORYE

Пуртова Л.Н. – д-р биол. наук, ст. науч. сотр., зав. сектором органического вещества почвы Биолого-почвенного института ДВО РАН, г. Владивосток. E-mail: Purtova@ibss.dvo.ru

Бурдуковский М.Л. – канд. биол. наук, ст. науч. сотр. сектора биогеохимии Биолого-почвенного института ДВО РАН, г. Владивосток. E-mail: burmaxs@inbox.ru

Purtova L.N. – Dr. Biol. Sci., Senior Staff Scientist, Head, Sector of Organic Substance of the Soil, Biological Soil Institute, FEB RAS, Vladivostok. E-mail: Purtova@ibss.dvo.ru

Burdukovsky M.L. – Cand. Biol. Sci., Senior Staff Scientist, Sector of Biogeochemistry, Biological Soil Institute, FEB RAS, Vladivostok. E-mail: burmaxs@inbox.

В статье приведены результаты исследований микроэлементного состава, физико-химических показателей лугово-бурых отбеленных и лугово-бурых черноземовидных почв, сформированных в различных гидротермических провинциях края. В составе почвенного поглощающего комплекса в исследуемых почвах преобладают ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} . Лугово-бурые отбеленные почвы отличались от лугово-бурых черноземовидных меньшими показателями степени насыщенности основаниями и содержанием подвижных форм калия и фосфора. Установлены различия в содержании гумуса и его запасов. Для лугово-бурых отбеленных и лугово-бурых черноземовидных почв Приханкайской ГТП характерно более высокое содержание гумуса и его запасов по сравнению с лугово-бурыми черноземовидными оглеенными почвами Верхне-Раздольненской ГТП. Лугово-бурые черноземовидные почвы исследуемых провинций различаются внутривидовым характером распределения гумуса. В Приханкайской ГТП почвам свойственен постепенно убывающий характер распределения гумуса. По степени обогащенности каталазой почвы отнесены к группе почв с бедной каталазной активностью. В пахотных горизонтах лугово-бурых черноземовидных почв концентрация Cr и Cu на протяжении всего почвенного профиля превышала региональные кларковые значения. В лугово-бурых отбеленных

почвах содержание Cu в пахотном слое находилось в пределах кларка и резко увеличивалось в нижележащем горизонте. Выявлена тесная связь между каталазной активностью лугово-бурых отбеленных почв и содержанием Cr и Co. В лугово-бурых отбеленных почвах Cr и Co отрицательно коррелируют с ферментом каталазы ($r = -0,9$). В лугово-бурых черноземовидных почвах установлена достоверная корреляция между изменением каталазной активности и содержанием Zn ($r = +0,8$) и Cu ($r = +0,9$).

Ключевые слова: почва, гумус, запасы гумуса, каталаза, микроэлементный состав почв.

The results of researches of microelement structure, physical and chemical indicators of the meadow-brown bleached and meadow-brown chernozymic soils created in various hydrothermal provinces of the region are given in article. As a part of the soil absorbing complex in the studied soils ions of Ca^{2+} and Mg^{2+} prevail. The meadow-brown bleached soils differed from meadow-brown chernozymic in smaller exponents of the saturation the bases and the maintenance of mobile forms of potassium and phosphorus. Distinctions in the maintenance of humus and its stocks were established. For the meadow-brown bleached and meadow-brown chernozymic soils of Prikhankaysky GTP higher maintenance of humus and its stocks, in comparison with meadow-brown cherno-

zyomic gleen soils of Upper-Razdolnensky GTP was characteristic. Meadow-brown chernozymic soils of the studied provinces differed in intra profile nature of distribution of humus. In Prikhankaysky GTP gradually decreasing nature of distribution of humus was peculiar to soils. Saturation degree was investigated by a catalase of the soil to group of soils with poor catalase activity. In the arable horizons of meadow-brown chernozymic soils concentration of Cr and Cu throughout all soil profile exceeded regional Clark values. In the meadow-brown bleached soils the maintenance of Cu in arable layer was in Clark's limits and sharply increased in the underlying horizon. Close connection between catalase activity of the meadow-brown bleached soils and the maintenance of Cr and Co was revealed. In the meadow-brown bleached soils of Cr and Co negatively correlate with catalase enzyme ($r = -0,9$) was observed. In meadow-brown chernozymic soils reliable correlation between change of catalase activity and the maintenance of Zn ($r = +0,8$) and Cu was established ($r = +0,9$).

Keywords: soil, humus, humus stocks, catalase, microelement structure of soils.

Введение. Согласно проведенной качественной оценке почв юга Дальнего Востока, лугово-бурые и черноземовидные почвы отнесены к третьей группе. Почвы, входящие в эту группу, могут быть широко использованы в зерно-соевых севооборотах, в кругу полевых, овощных и кормовых культур. Черноземовидные почвы составляют национальное богатство Дальнего Востока [9]. На территории Приморского края встречаются отдельные ареалы лугово-бурых черноземовидных почв. При этом неоднородность в гидротермических условиях формирования почв на территории Приморья и использование в системе земледелия накладывают отпечаток на протекание почвообразовательного процесса и основные физико-химические свойства почв, что отражается на их экологическом состоянии.

Почвы являются основным резервуаром почвенного органического углерода. При их распашке усиливается минерализация органического вещества и уменьшается поступление растительных остатков. Происходит снижение

содержания гумуса, которое по сравнению с целинными аналогами может достигать от 10 до 30 % [10]. В связи с этим весьма актуально проведение исследований по изучению экологического состояния лугово-бурых почв, вовлеченных в систему земледелия края.

Цель исследования – оценка содержания гумуса, ферментативной активности агрогенных почв и микроэлементного состава лугово-бурых почв, сформированных в различных гидротермических условиях.

В задачи исследования входило:

1) изучение физико-химических свойств почв и их микроэлементного состава;

2) оценка содержания и запасов гумуса в лугово-бурых почвах различных гидротермических провинций и ферментативной (каталазной) активности почв;

3) установление связи между параметрами каталазной активности и микроэлементным составом почв.

Объекты и методы исследования. Объектом исследования явились полугидроморфные почвы, расположенные в Приханкайской и Верхне-Раздольненской гидротермических провинциях (ГТП) – лугово-бурые отбеленные и лугово-бурые черноземовидные. Названия почв даны по классификации Г.И. Иванова [8]. Исследование проводилось на специально заложенных индивидуальных разрезах. В пределах Приханкайской ГТП [16] исследованы лугово-бурая отбеленная и лугово-бурая черноземовидная почвы.

Лугово-бурая отбеленная почва (разрез 1-15) сформирована в пределах третьей террасы р. Раздольной. Профиль почвы дифференцирован на горизонты: Апак (0–30 см) – А1В (30–51) – А2Вg (51–70) – Вg (70–85) – ВСg (85–110 см).

Разрез 2-15 лугово-бурой черноземовидной почвы заложен на поле, в 1,5 км на юг от с. Константиновка. Профиль почв состоит из генетических горизонтов: Апак (0–20 см) – АВ (20–94) – А1В (94–110) – ВС (110 см и ниже).

В пределах Верхне-Раздольненской провинции исследована лугово-бурая черноземовидная глееватая почва. Разрез 3-15 заложен на пашне в 500 м от с. Пуциловка. Профиль почвы

дифференцирован на горизонты Апах (0–20 см) – А1В (20–40) – В1g (40–50) – ВСg (50–110 см).

В работе применены физико-химические и микробиологические методы исследований. Кислотность почв (рН водный, рН солевой) определяли потенциометрически на рН-метре ОР-264; гидролитическую кислотность – по Каппену-Гильковицу, содержание гумуса – по методу Тюрина; поглощенные основания – по Шолленбергеру, подвижный фосфор – по Кирсанову, калий – по Масловой [1, 12]. Ферментативную (каталазную) активность почв исследовали газометрически по Галстяну [11].

Элементный состав почв определяли методом энергодисперсионной рентгенфлуоресцентной спектроскопии на анализаторе EDX 800HS-P (Shimadzu, Япония), оснащенном родиевым катодом, в формате количественного анализа в вакуумной среде.

Статистическую обработку данных осуществляли стандартными методами дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [7].

Результаты исследования и их обсуждение. Лугово-бурые отбеленные и лугово-бурые черноземовидные почвы приурочены к Приханкайской гидротермической провинции, с высокими показателями среднегодовой нормы выпадения осадков (до 700 мм), радиационного баланса (52,2 ккал/см²). Затраты энергии на почвообразование составляют 30,6 ккал/см²год, а сумма активных температур колеблется от 2 450 до 2 500 °С [16].

Процесс гумусообразования в лугово-бурых отбеленных почвах (р. 1-15) протекал в условиях слабокислой реакции среды. Содержание гумуса, согласно оценочным грациям [13], ниже среднего, запасы гумуса в слое 20 см средние – 126,9 т/га. Почвы насыщены основаниями, среди которых наиболее преобладающими являлись ионы Ca²⁺ и Mg²⁺. В лугово-бурых черноземовидных почвах, по сравнению с лугово-бурыми отбеленными, в горизонте Апах возрастает содержание Ca²⁺ (табл. 1). Связано это со значительным количеством поступления зольных элементов при разложении корневых остатков, а также проведенным ранее известкованием почв. По сравнению с лугово-бурыми отбеленными почвами возрастает степень на-

сыщенности почв основаниями с 82,2 до 92,4 %. Обогащенность почв каталазой соответствовала низкому уровню (табл. 2). Содержание подвижного фосфора в лугово-бурых отбеленных почвах, судя по оценочным грациям, разработанным для пахотных почв Приморья [15], низкое и обусловлено протеканием в них процесса конкрециобразования, в результате которого фосфор переходит в недоступное фиксированное состояние в железомарганцевые конкреции [8]. Уровень содержания подвижного калия достигал высоких значений в пахотном горизонте почв, вниз по профилю уменьшался до средних показателей. В лугово-бурых черноземовидных почвах зафиксировано крайне избыточное содержание фосфора и повышенное содержание калия в горизонте Апах.

Лугово-бурые черноземовидные оглеенные почвы испытывают поверхностное переувлажнение из-за стока поверхностных вод с прилегающих территорий, что усиливает в них процессы оглеения. Гумусообразование в почвах протекает в условиях слабокислой реакции среды. Почвы насыщены основаниями (93,7 %), среди которых преобладают ионы Ca²⁺ и Mg²⁺. В горизонте В1g зафиксировано накопление гумуса и Ca²⁺, что связано с миграцией их из горизонта А1В в связи с поверхностным переувлажнением почв. По сравнению с лугово-бурыми черноземовидными почвами, сформированными в Приханкайской ГТП, для лугово-бурых черноземовидных глееватых почв свойственно более низкое содержание гумуса (до 2,40 %) и низкие его запасы (до 75,9 т/га). Также зафиксировано снижение содержания подвижного фосфора с 25,0 до 14,3 мг/100 г, но количество его соответствовало уровню очень высоких значений. Содержание подвижного калия уменьшалось до средних величин. Обогащенность почв каталазой соответствовала низкому уровню.

При изучении содержания микроэлементов (табл. 3) установлено, что в пахотных горизонтах лугово-бурых черноземовидных почв концентрация Сг и Си на протяжении всего почвенного профиля превышает региональные кларковые значения.

Таблица 1

Физико-химические показатели лугово-бурых отбеленных и лугово-бурых черноземовидных почв

Номер разреза	Горизонт	Глубина горизонта, см	Гумус, %	Гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г почвы	рН		Поглощенные катионы по Шолленбергеру, мг-экв/100 г почвы				Фосфор по Кирсанову	Калий по Масловой
					водный	солевой	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺		
											мг/100 г почвы	
1-15	Апах	0–30	4,77	6,45	5,90	4,72	17,49	10,07	0,63	1,64	1,80	19,93
	A1B	30–51	1,58	6,97	6,08	4,01	16,90	11,45	0,46	1,97	0,23	11,99
	A2Bg	51–70	1,36	6,82	5,92	3,93	18,70	13,20	0,47	1,70	0,23	12,32
	Bg	70–85	0,86	5,45	5,92	4,01	17,21	14,43	0,47	2,00	0,23	10,88
	BC	85–110	0,86	5,45	5,90	4,02	17,21	13,88	0,38	1,86	0,19	12,43
2-15	Апах	0–20	3,23	2,74	6,70	5,35	22,79	11,66	0,45	1,30	25,44	15,05
	AB	20–94	2,10	1,91	7,16	5,47	21,94	14,98	0,89	1,79	12,84	7,60
	A1B	94–110	1,92	1,37	7,36	5,78	21,73	14,31	0,45	1,44	16,59	7,84
3-15	Апах	0–20	2,40	2,55	6,80	5,28	21,60	12,42	0,37	1,39	14,31	7,99
	A1B	20–40	1,25	2,00	6,91	5,20	14,18	13,13	0,47	1,29	10,50	6,51
	Bg	40–50	1,68	2,22	6,98	5,30	19,98	14,58	0,34	1,11	8,91	6,48

Каталазная активность в лугово-бурых отбеленных и лугово-бурых черноземовидных почвах юга Приморья

Номер разреза	Почва	Горизонт	Глубина, см	Ка*, O ₂ см ³ на 1 г почвы/мин
1-15	Лугово-бурая отбеленная	Апах	0–30	1,6
		АВ	35–51	1,1
		А2Вg	51–70	0,9
		Вg	70–85	0,5
2-15	Лугово-бурая черноземовидная	Апах	0–20	2,5
		АВ	20–94	1,6
		А1В	94–110	1,1
3-15	Лугово-бурая черноземовидная оглеенная	Апах	0–20	1,8
		А1В	20–40	1,2
		Вg	40–50	1,7

*Ка – каталазная активность почв.

Содержание валовых форм микроэлементов, мг/кг

Микроэлемент	Разрез 1-15				Разрез 2-15			Разрез 3-15		
	Глубина, см									
	0–10	35–51	51–70	71–80	0–20	40–70	94–100	0–20	20–40	40–60
Cr	90,13	96,40	109,27	108,33	107,2	102,5	109,3	105,4	105,4	101,8
Co	23,80	28,30	33,90	35,13	29,0	32,7	29,7	29,5	29,9	30,6
Ni	42,87	39,90	40,25	21,20	48,5	41,0	36,3	46,4	55,1	44,5
Cu	22,83	63,40	66,15	38,30	55,2	47,1	42,9	48,9	37,5	42,3
Zn	46,27	62,70	50,40	50,55	76,8	64,3	64,3	50,5	64,3	72,0
Y	38,33	35,23	34,10	32,33	33,2	34,3	34,5	29,3	29,2	30,7
Ba	549,20	539,27	550,87	539,70	580,8	603,7	578,7	614,5	630,5	638,6
Pb	36,70	40,25	37,20	37,13	32,4	36,9	24,7	20,3	32,6	26,7

Содержание Cr выше величины кларка в 1,5–1,6 раза, Cu – в 1,9–2,7 раз. В лугово-бурых отбеленных почвах содержание Cu в пахотном слое находится в пределах кларка и резко увеличивается в нижележащем горизонте, превышая установленную величину в 3,3 раза. Высокое содержание Cu объясняется спецификой почвообразовательных процессов региона, где содержание валовых форм элемента варьирует от 2,7 до 98 мг/кг и концентрация ниже среднего (менее 20 мг/кг) в основном характерна для болотистых почв [4]. Согласно Российскому санитарно-гигиеническому ГОСТ 17.4.102-83, Cu и Cr относятся к умеренно опасным химическим веществам [5]. ПДК валовых форм данных элементов для почв России не приняты.

Для Cu установлена ОДК, которая составляет 66 мг/кг. Содержание Cu в пахотном слое

исследуемых почв соответствует уровню ОДК элемента в почвах. Согласно рекомендациям Ю.Н. Водяницкого, для оценки токсичности Cr мы использовали западно-европейские и североамериканские нормативы, по которым ПДК элемента составляет 200 мг/кг [2]. Содержание валовых форм Cr в исследованных почвах ниже указанной величины в 1,8–2,2 раза.

В литературе встречаются сведения о неоднозначном влиянии микроэлементов на ферментативную активность почв. В основном результаты свидетельствуют о том, что большинство тяжелых металлов в повышенных концентрациях подавляют активность фермента каталазы [2, 3, 6]. В исследуемых почвах направление и степень тесноты связей микроэлементов с каталазной активностью разнятся и зависят от специфических особенностей каж-

дого почвенного типа. В лугово-бурых отбеленных почвах Сг и Со отрицательно коррелируют с ферментом каталазы ($r = -0,9$). В лугово-бурых черноземовидных почвах выявленная связь отсутствует, но установлена достоверная корреляция между изменением каталазной активности и содержанием Cu ($r=+0,9$) и Zn ($r=+0,8$) по профилю, которая в лугово-бурых отбеленных почвах выражена слабо.

В обоих типах почв Приханкайской ГТП выявлена прямая корреляционная зависимость ($r=+0,8$) между концентрацией валовых форм Ni и каталазной активностью, что говорит об активном участии элемента в биохимических процессах, идущих в почвах. В лугово-бурых черноземовидных почвах Верхне-Раздольненской ГТП, отличающейся от исследуемых почв Приханкайской ГТП по характеру увлажнения, содержанию гумуса и физико-химическим показателям, корреляция между Ni и каталазой не установлена.

Выводы

1. Для лугово-бурых отбеленных и лугово-бурых черноземовидных почв Приханкайской ГТП характерно более высокое содержание гумуса и его запасов по сравнению с лугово-бурыми черноземовидными оглеенными почвами Верхне-Раздольненской ГТП. Лугово-бурые черноземовидные почвы исследуемых провинций различаются внутривысофильным характером распределения гумуса. В Приханкайской ГТП почвам свойственен постепенно убывающий характер распределения гумуса, тогда как в Верхне-Раздольненской провинции из-за поверхностного переувлажнения прослеживался вынос гумуса из горизонта A1B и накопление в B1g.

2. В составе почвенного поглощающего комплекса в исследуемых почвах преобладают ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} . Лугово-бурые отбеленные почвы отличались от лугово-бурых черноземовидных меньшими показателями степени насыщенности основаниями и содержанием подвижных форм калия и фосфора.

3. По степени обогащенности каталазой исследуемые почвы относятся к группе почв с бедной каталазной активностью.

4. В пахотных горизонтах лугово-бурых черноземовидных почв концентрация Сг и Су на протяжении всего почвенного профиля превышала региональные кларковые значения. В лугово-бурых отбеленных почвах содержание Су в пахотном слое находится в пределах кларка и резко увеличивается в нижележащем гори-

зонте, что объясняется спецификой почвообразовательных процессов региона.

5. Особенности формирования и развития почв в разных гидротермических провинциях и использование их в системе земледелия обусловили разнообразные закономерные связи между микроэлементным составом и каталазной активностью почв. В лугово-бурых отбеленных почвах Сг и Со отрицательно коррелируют с ферментом каталазы ($r = -0,9$). В лугово-бурых черноземовидных почвах установлена достоверная корреляция между изменением каталазной активности и содержанием Cu ($r = +0,9$) и Zn ($r = +0,8$). В обоих типах почв Приханкайской ГТП выявлена прямая корреляционная зависимость ($r=+0,8$) между концентрацией валовых форм Ni и каталазной активностью.

Литература

1. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
2. Водяницкий Ю.Н. Тяжелые и сверхтяжелые металлы и металлоиды в загрязненных почвах / Почв. ин-т им. В.В. Докучаева РАСХН. – М., 2009. – 184 с.
3. Галиулин Р.В., Галиулина Р.А. Концептуальная модель ферментативной индикации загрязнения почвы тяжелыми металлами // Геоэкологические проблемы загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами: мат-лы 3-й Междунар. геоэкологической конф. – Тула, 2006. – С. 100–104.
4. Голов В.И., Бурдуковский М.Л. Баланс азота, цинка и олова в посевах сои на почвах Амурской области // Масличные культуры. – 2012. – №. 2. – С. 138–145.
5. ГОСТ 17.4.102-83. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 4 с.
6. Григорян К.В. Влияние загрязненных оросительных вод на биологическую активность почвы. – Минск, 1997. – 259 с.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: учеб. пособие. – 2-е изд. – М.: Колос, 1968. – 336 с.
8. Иванов Г.И. Почвообразование на юге Дальнего Востока. – М.: Наука, 1976. – 199 с.
9. Костенков Н.М., Ознобихин В.И., Пуртова Л.Н. Почвы Дальнего Востока, их использование и оценка // Почвы Дальнего Востока России: генезис, география, картография, плодородие, рациональное использование и экологическое состояние: мат-лы всерос.

- науч. конф. с междунар. участием. – Владивосток, 2014. – С. 23–25.
10. Кудеяров В.Н. Современное состояние углеродного баланса и предельная способность почв к поглощению углерода на территории России // Почвоведение. – 2015. – № 9. – С. 1049–1060.
 11. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под. ред. Д.Г. Звягинцева. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 304 с.
 12. Орлов Д.С., Гришина Л.А. Практикум по химии гумуса. – М.: Изд-во МГУ, 1981. – 272 с.
 13. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Розанова М.С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов // Почвоведение. – 2004. – № 8. – С. 918–925.
 14. Пуртова Л.Н., Костенков Н.М. Содержание гумуса и продуцирование CO₂ в агрогенных почвах Приморья // Вестн. СВНЦ РАН. – 2016. – № 1. – С. 66–69.
 15. Рыбачук Н.А., Ознобихин В.И. Разработка методики картографической оценки трансформации и динамики агрохимических показателей пахотных почв // Тр. Дальневосточного отделения Докучаевского о-ва почвоведов РАН. – Владивосток: Изд-во ДВО РАН, 2005. – Т. 2. – С. 12–18.
 16. Степанько А.А. Агрогеографическая оценка земельных ресурсов и их использование в районах Дальнего Востока. – Владивосток, 1992. – 115 с.
 4. Golov V.I., Burdukovskij M.L. Balans azota, cinka i olova v posevah soi na pochvah Amurskoj oblasti // Maslichnye kul'tury. – 2012. – № 2. – С. 138–145.
 5. GOST 17.4.102-83. Pochvy. Klassifikacija himicheskikh veshhestv dlja kontrolja zagrjaznenija. – M.: Izd-vo standartov, 1984. – 4 s.
 6. Grigorjan K.V. Vlijanie zagrjaznennyh orositel'nyh vod na biologicheskiju aktivnost' pochvy. – Minsk, 1997. – 259 s.
 7. Dospëhov B.A. Metodika polevogo opyta: ucheb. posobie. – 2-e izd. – M.: Kolos, 1968. – 336 s.
 8. Ivanov G.I. Pochvoobrazovanie na juge Dal'nego Vostoka. – M.: Nauka, 1976. – 199 s.
 9. Kostenkov N.M., Oznobihin V.I., Purtova L.N. Pochvy Dal'nego Vostoka ih ispol'zovanie i ocenka // Pochvy Dal'nego Vostoka Rossii: genezis, geografija, kartografija, plodorodie, racional'noe ispol'zovanie i jekologicheskoe sostojanie: mat-ly vsëros. nauch. konf. s mezhdunar. uchastiem. – Vladivostok, 2014. – С. 23–25.
 10. Kudejarov V.N. Sovremennoe sostojanie uglerodnogo balansa i predel'naja sposobnost' pochv k pogloshheniju ugleroda na territorii Rossii // Pochvovedenie. – 2015. – № 9. – С. 1049–1060.
 11. Metody pochvennoj mikrobiologii i biohimii / pod. red. D.G. Zvjaginceva. – M: Izd-vo MGU, 1991. – 304 s.
 12. Orlov D.S., Grishina L.A. Praktikum po himii gumusa. – M.: Izd-vo MGU, 1981. – 272 s.
 13. Orlov D.S., Birjukova O.N., Rozanova M.S. Dopolnitel'nye pokazateli gumusnogo sostojanija pochv i ih geneticheskikh gorizontov // Pochvovedenie. – 2004. – № 8. – С. 918–925.
 14. Purtova L.N., Kostenkov N.M. Soderzhanie gumusa i producirovanie SO₂ v agrogennyh pochvah Primor'ja // Vestn. SVNC RAN. – 2016. – № 1. – С. 66–69.
 15. Rybachuk N.A., Oznobihin V.I. Razrabotka metodiki kartograficheskoj ocenki transformacii i dinamiki agrohimicheskikh pokazatelej pahotnyh pochv // Тр. Dal'nevostochnogo otdelenija Dokuchaevskogo o-va pochvovedov RAN. – Vladivostok: Izd-vo DVO RAN, 2005. – Т. 2. – С. 12–18.
 16. Stepan'ko A.A. Agrogeograficheskaja ocenka zemel'nyh resursov i ih ispol'zovanie v rajonah Dal'nego Vostoka. – Vladivostok, 1992. – 115 s.

Literatura

1. Arinushkina E.V. Rukovodstvo po himicheskomu analizu pochv. – M: Izd-vo MGU, 1970. – 487 s.
2. Vodjanickij Ju.N. Tjazhelye i sverhtjazhelye metally i metalloidy v zagrjaznennyh pochvah / Pochv.in-t im. V.V. Dokuchaeva RASHN. – M., 2009. – 184 s.
3. Galiulin R.V., Galiulina R.A. Konceptual'naja model' fermentativnoj indikacii zagrjaznenija pochvy tjazhelymi metallami // Geojekologicheskie problemy zagrjaznenija okruzhajushhej sredy tjazhelymi metallami: mat-ly 3-j Mezhdunar. geojekologicheskoj konf. – Tula, 2006. – С. 100–104.

