

**ЁМКОСТЬ КАТИОННОГО ОБМЕНА В ПОЙМЕННЫХ ПОЧВАХ Р. АМУР: ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА НА СОДЕРЖАНИЕ ОБМЕННЫХ КАТИОНОВ***

© 2019 А. В. Мартынов

Адрес: ФГБУН Институт геологии и природопользования ДВО РАН, пер. Релочный, 1, г Благовещенск, 675000, Россия. E-mail: lexx_1981@list.ru

Цель исследования. *Определить ёмкость катионного обмена (ЕКО) и насыщенность базовыми катионами разных типов пойменных почв р. Амур. Установить взаимосвязь между ЕКО и содержанием органического вещества.*

Место и время проведения. *Верхнее и среднее течение р. Амур в период с 2011 по 2015 гг.*

Методология. *В данной работе ЕКО представлена как сумма Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ , Al^{3+} . Определение обменного водорода и подвижного алюминия проводили с 1М КСl. Обменный кальций и магний определяли комплексонометрически с NH_4Cl . Содержание органического углерода определяли методом мокрого озонения по И.В. Тюрину в модификации Б.А. Никитина. Коэффициенты корреляции определяли методом Пирсона.*

Основные результаты. *Установлено, что наиболее высокой ЕКО (в среднем от 16 до 21 смоль(экв)/кг) характеризуются болотные (торфяно-глеевые и перегнойно-глеевые) и остаточнo-аллювиальные почвы (ржавозёмы и brunезёмы). Самой низкой ЕКО обладают аллювиальные серогумусовые почвы: от 11 до 13 смоль(экв)/кг. Насыщенность основаниями снижается в ряду: остаточнo-аллювиальные почвы (85-95%) – аллювиальные серогумусовые (70-90%) – аллювиальные серогумусовые глееватые (52-90%) – болотные почвы (33-95%). В молодых легких по гранулометрическому составу почвах между органическим веществом и ЕКО высокие коэффициенты корреляции ($>0,75$), а в более зрелых почвах с большим содержанием илстых и глинистых частиц преимущественно средние (от 0,40 до 0,70).*

Заключение. *Аллювиальные почвы р. Амур характеризуются средними величинами ЕКО преимущественно с высокой степенью насыщенности. Степень взаимосвязи между ЕКО и почвенным органическим веществом обусловлена гранулометрическим составом и выветрелостью почв.*

Ключевые слова: *обменные катионы; аллювиальные почвы; р. Амур; органическое вещество; корреляционный анализ*

Цитирование: *Мартынов В.А. Ёмкость катионного обмена в пойменных почвах р. Амур: влияние органического вещества на содержание обменных катионов // Почвы и окружающая среда. 2019. Том 2. №2. е65. doi: 10.31251/pos.v2i2.65*

ВВЕДЕНИЕ

Ионообменная поглотительная способность является фундаментальным свойством почвы, а ионообменные процессы - универсальными физико-химическими механизмами, регулирующими перераспределение ионов между поверхностью почвенных частиц и почвенным раствором (Гедройц, 1975). основополагающее значение для изучения поглотительной способности почв имели работы К.К. Гедройца (1975), в которых был рассмотрен почвенный поглощающий комплекс как основной носитель ионообменных свойств почвы, и впервые было введено понятие поглотительной способности почв как суммы всех обменных катионов, которые можно вытеснить из данной почвы. Ёмкость катионного обмена (ЕКО) играет важную роль в содержании питательных веществ в почве, определяя содержание доступных для обменных процессов катионов (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , Al^{3+} и Fe^{3+}) и влияя на структуру и функционирование экосистем (Lucas et al., 2011; Mueller et al., 2012). Учитывая, что для разных видов растений требуются определенные концентрации и соотношения Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ и Na^+ , изменения в составе катионов определяют биологическое разнообразие растений, устойчивость растений к засухе, заморозкам и болезнетворным микроорганизмам (McLaughlin, Wimmer, 1999; Chen et al., 2013). Следовательно, обменные катионы определяют первичную продуктивность и общую структуру наземных

экосистем (DeHayes et al., 1999; Demchik, Sharpe, 2000). Напротив, увеличение токсичных Al^{3+} и Fe^{3+} ограничивает продуктивность растительных сообществ (Lieb et al., 2011). Также ЕКО может поддерживать стабильность наземных экосистем, препятствуя повышению кислотности почвы, поскольку понижение рН почвы изменяет биологическую активность и оказывает негативное воздействие на наземные экосистемы (Панасин и др., 2015; Xu et al., 2012; Luo et al., 2015). В целом в контексте экологических изменений понимание динамики ЕКО имеет решающее значение для прогнозирования функционирования экосистемы. Это делает ЕКО одним из наиболее важных свойств почвы, что способствует значительному накоплению данных о природе ЕКО, её свойствах и взаимоотношениях с другими почвенными параметрами (Костенко, 2015; Кленов и Якутин, 2017; Ruiz Sinoga et al., 2012; Xu et al., 2012; Lu et al., 2015).

Ёмкость катионного обмена почв связана с различными почвенными характеристиками, в том числе, с гранулометрическим составом почвы, преобладающей группой глинистых минералов, содержанием гумуса и реакцией почвенного раствора (Дюшофур, 1970, Костенко, 2015). Преобладающая роль в формировании поглотительной способности почв принадлежит тонкодисперсным фракциям с высокой удельной поверхностью, в состав которых входят вторичные, главным образом, глинистые минералы, от накопления которых зависит степень выветрелости почвы и её ЕКО (Николаева, 1990; Wang et al., 2005). Содержание гумуса в почве также оказывает существенное влияние на величину ЕКО. Поскольку поглотительная способность гумусовых веществ составляет 300-930 смоль(экв)/кг вещества, при прочих равных условиях ЕКО более гумусированных почв выше (Дюшофур, 1970; Винокуров, 1941). По данным Т.И. Николаевой величина ЕКО на 2/3 определяется содержанием глинистых минералов и на 1/3 органическим веществом (Алябина, 1998).

Таким образом, катионообменная ёмкость является одним из важнейших почвенных свойств, определяющим плодородие почв, а органическое вещество, в свою очередь, в значительной мере определяет ЕКО. Поэтому целью данной работы было изучить ЕКО разных типов пойменных почв в долине р. Амур и определить взаимосвязь между содержанием органического вещества и ЕКО.

Выбор пойменных почв обусловлен ролью пойменных ландшафтов, которые являются наиболее важными географическими континуумами на Земле (Bailey, 1995). Периодическое затопление приносит в поймы богатые питательными веществами осадки, что гарантирует высокое биоразнообразие этих почв, обуславливая пространственную и временную неоднородность их структуры и функциональности (Wälder et al., 2008). Однако изученность пойменных почв долины р. Амур, одной из крупнейших рек мира, незначительна. Частично это связано с ее трансграничным положением, т.е. разделением по фарватеру между Россией и Китаем. Также в Амурской области, в пределах которой расположено верхнее и среднее течение р. Амур, основной акцент почвенных исследований смещен в сторону чернозёмовидных почв и бурозёмов. Систематические исследования аллювиальных почв в Амурской области, несмотря на их значительную вовлеченность в хозяйственную сферу, почти не проводили.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования послужили аллювиальные и остаточно-аллювиальные почвы, сформированные на территории пяти ключевых участков, расположенных в пределах поймы р. Амур (рис. 1). Три участка были заложены в верхнем течении р. Амур и два в среднем течении. Поймы в верхнем течении небольшие по размеру, до 2 км в ширину, и относятся к адаптивному типу. Поймы в среднем течении относятся к широкопойменному типу и достигают до 15 км в ширину. Всего было заложено 87 почвенных разрезов: 59 в среднем течении и 28 в верхнем. Образцы отбирали по генетическим горизонтам. Названия почв давали в соответствии с классификацией и диагностикой почв России (Классификация..., 2004) и классификацией WRB (IUSS Working Group, 2014).

В данной работе ЕКО представлена как сумма Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ , Al^{3+} . Катионы K^+ , Na^+ не определяли, так как по исследованию, проведенному в пойме рек Зея и Селемджа, которые являются притоками р. Амур, содержание этих элементов незначительно и суммарно редко превышает 1 смоль(экв)/кг почвы (Мартынов, 2013). Определение обменного водорода и подвижного алюминия проводили методом А.В. Соколова с 1Н КСl. Обменный кальций и магний определяли комплексонометрическим методом по Гедройцу с NH_4Cl . Содержание органического углерода определяли методом мокрого озоления по И.В. Тюрину в модификации Б.А. Никитина

(Новицкий и др., 2009). Определение свойств почв проводили в Аналитическом центре минералого-геохимических исследований ИГиП ДВО РАН. Коэффициенты корреляции Пирсона определяли с помощью пакета Statistica v6.0.

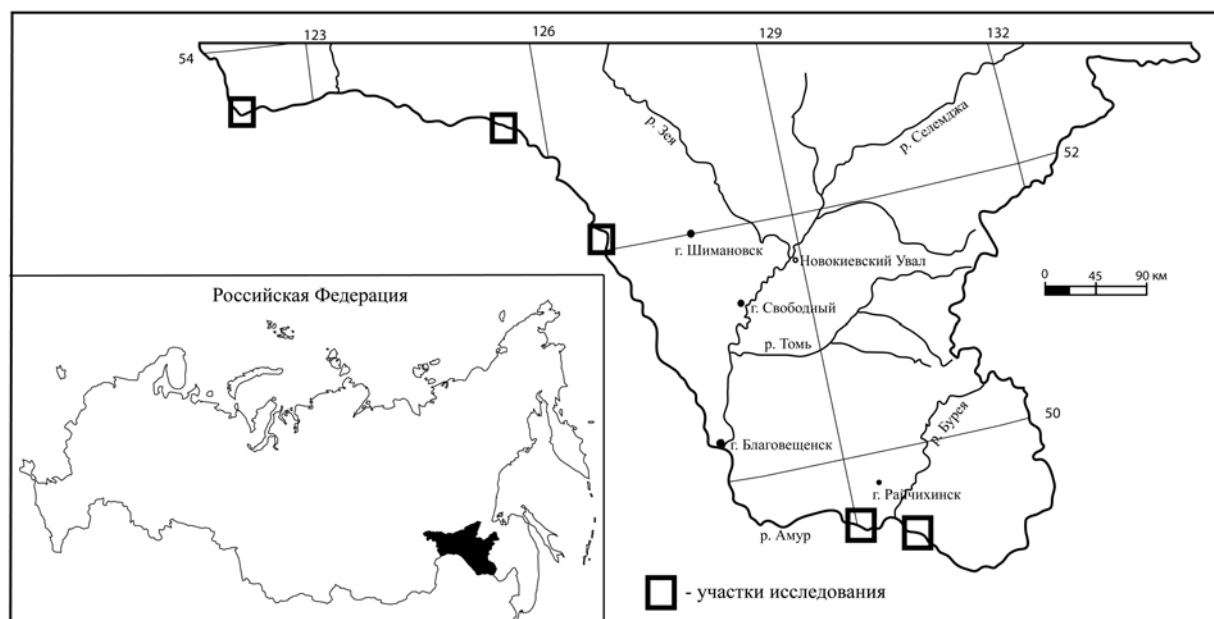


Рисунок 1. Карта-схема южной части Амурской области с указанием участков исследования

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Комплексный анализ морфологических характеристик исследуемых почв позволяет выделить в пределах ключевых участков следующие типы почв.

1. В пойме верхнего течения р. Амур три почвенных типа: аллювиальная серогумусовая «Umbric Fluvisols» и аллювиальная торфяно-глеевая «Gleyic Histic Fluvisols» (отдел: аллювиальные почвы); ржавозём остаточно-аллювиальный «Brunic Arenosols» (отдел: железисто-метаморфические почвы). В пределах типа аллювиальной серогумусовой почвы, выделяется подтип аллювиальная серогумусовая глееватая почва «Umbric Fluvisols (HypoGleyic)».

2. В пойме среднего течения р. Амур три почвенных типа: аллювиальная серогумусовая, аллювиальная перегнойно-глеевая «Gleyic Histic Fluvisols» (отдел: аллювиальные почвы); брунезём остаточно-аллювиальный «Pluvis Haeozems». В пределах типа аллювиальной серогумусовой почвы, также выделен подтип аллювиальная серогумусовая глееватая почва. Брунезёмы или лугово-бурые почвы отсутствуют в Классификации и диагностике почв России (2004) и выделяются преимущественно в классификациях дальневосточных почв (Ознобихин, 1994). Фотографии почвенных разрезов наиболее типичных изученных пойменных почв представлены в дополнительном материале к статье.

Результаты средних значений, минимального и максимального содержания обменных катионов и ЕКО, а также коэффициент варьирования приведены в таблице 1. На основе этих данных почвы были ранжированы по ЕКО. В почвах верхнего течения ЕКО убывает в направлении ржавозёмы остаточно-аллювиальные (среднее ЕКО по профилю 21 смоль(экв)/кг) – торфяно-глеевые (18 смоль(экв)/кг) – серогумусовые глееватые (18 смоль(экв)/кг) – серогумусовые почвы (13 смоль(экв)/кг). В почвах среднего течения ЕКО убывает в направлении перегнойно-глеевые (17 смоль(экв)/кг) – брунезёмы остаточно-аллювиальные (16 смоль(экв)/кг) – серогумусовые глееватые (15 смоль(экв)/кг) – серогумусовые (11 смоль(экв)/кг).

Таким образом, наиболее высокими значениями ЕКО характеризуются болотные и остаточно-аллювиальные почвы, что обусловлено более тяжелым гранулометрическим составом этих почв. Разница в ЕКО почв верхнего и среднего течения р. Амур незначительна. В почвах верхнего течения ЕКО выше в среднем на 2-3 смоль(экв)/кг.

Таблица 1

Варьирование показателей ЕКО в почвах поймы р. Амур

Катион	Горизонт	n	μ	Min	Max	V	n	μ	Min	Max	V
		Верхний Амур					Средний Амур				
Аллювиальные торфяно-глеевые и перегнойно-глеевые почвы											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ca ²⁺	T-H	5	11,74	3,64	15,88	40,03	20	17,04	2,74	33,30	52,63
	G	5	5,96	2,42	12,14	63,24	11	10,14	2,70	17,50	50,72
	CG	6	6,51	2,34	14,01	66,68	11	6,48	0,59	13,80	58,62
Mg ²⁺	T-H	5	3,38	1,40	5,60	51,19	20	5,60	1,54	15,20	78,66
	G	5	2,61	1,10	6,54	86,11	11	4,52	1,21	9,04	49,89
	CG	6	2,73	0,47	7,47	94,88	11	3,40	0,73	8,09	56,26
H ⁺	T-H	5	0,51	0,11	1,24	84,64	20	0,37	0,10	1,34	88,26
	G	5	0,26	0,05	0,57	82,92	11	0,13	0,03	0,36	98,48
	CG	6	0,11	0,05	0,18	50,06	11	0,08	0,00	0,28	130,51
Al ³⁺	T-H	5	11,24	2,58	30,42	99,80	20	2,55	0,00	10,80	121,50
	G	5	6,71	1,56	16,92	90,03	11	0,72	0,00	4,81	197,11
	CG	6	1,83	0,05	8,46	179,13	11	0,76	0,00	2,09	112,84
ЕКО	T-H	5	26,87	9,00	49,58	54,85	20	25,61	10,06	49,05	50,14
	G	5	15,55	8,00	25,03	45,82	11	15,85	6,14	25,78	43,95
	CG	6	11,67	4,12	22,02	55,49	11	12,26	3,38	27,20	58,18
Аллювиальные серогумусовые глееватые почвы											
Ca ²⁺	AY	6	15,70	4,12	34,30	81,97	9	12,00	1,70	21,67	46,85
	Cg	5	6,56	2,42	9,34	45,52	9	5,93	0,48	11,40	81,13
	Dg	5	6,04	2,08	11,21	63,71	7	6,32	1,70	11,52	61,49
Mg ²⁺	AY	6	3,45	0,68	7,55	88,17	9	4,06	0,73	9,70	62,52
	Cg	5	1,62	0,93	2,10	28,45	9	3,10	0,12	6,79	77,53
	Dg	5	1,91	0,93	3,04	46,32	7	3,41	0,73	6,55	58,75
H ⁺	AY	6	0,34	0,18	0,58	49,47	9	0,15	0,04	0,34	60,06
	Cg	5	0,13	0,11	0,17	21,76	9	0,07	0,02	0,12	62,55
	Dg	5	0,12	0,08	0,17	30,93	7	0,07	0,02	0,17	69,09
Al ³⁺	AY	6	8,63	0,09	22,59	116,13	9	0,63	0,00	2,70	141,14
	Cg	5	5,62	0,69	21,78	16,96	9	0,54	0,00	2,16	157,72
	Dg	5	6,97	0,49	19,26	103,47	7	0,89	0,00	2,11	86,82
ЕКО	AY	6	28,11	13,00	42,80	44,56	9	22,56	3,61	56,50	67,00
	Cg	5	13,94	7,80	25,20	48,00	9	11,81	1,04	21,30	66,30
	Dg	5	15,03	3,70	24,90	51,72	7	13,71	3,09	20,50	49,37

Состав ЕКО почв верхнего и среднего течения р. Амур довольно сильно варьирует. Во всех почвах преобладающий катион – кальций. Вторым по содержанию в аллювиальных серогумусовых, ржавозёмах и brunезёмах остаточно-аллювиальных является магний. В торфяно-глеевых и серогумусовых глееватых почвах поймы верхнего Амура на втором месте по содержанию находится обменный алюминий, а в почвах среднего течения Амура – магний. Эта разница в составе ЕКО отражается на такой характеристике как степень насыщенности основаниями. Ее важность показывает следующий пример: если степень насыщенности превышает 80-85%, то даже при низких значениях pH_{KCl} токсичность алюминия, железа и марганца существенно ослабляется вследствие селективного поглощения корневыми системами растений ионов (Панасин и др., 2015). Вследствие высокой степени участия обменного алюминия в составе ЕКО насыщенность основаниями торфяных и серогумусовых глееватых почв верхнего течения не сопоставима с аналогичными почвами среднего течения р. Амур. В среднем течении насыщенность почв основаниями варьирует по профилю от 80 до 95% в перегнойно-глеевых почвах и от 75 до 93% в серогумусовых глееватых почвах. В верхнем течении степень насыщенности варьирует по профилю от 33 до 80% и от 52 до 68%, соответственно. Вероятно, это связано с более низкими значениями pH в почвах верхнего Амура, что вызывает увеличение концентрации Al^{3+} в растворе. Высокое содержание Al^{3+} занимает большую долю катионного обмена и уменьшает насыщенность основаниями (Duquette and Hendershot, 1987; Reuss et al., 1990). Степень насыщенности основаниями серогумусовых почв и остаточно-аллювиальных

примерно одинакова и варьирует по профилю от 70 до 90% в серогумусовых почвах и от 85 до 95% в остаточно-аллювиальных почвах.

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Аллювиальные серогумусовые почвы											
Ca ²⁺	AY	19	15,15	2,18	38,22	62,86	35	15,32	1,94	39,20	56,67
	C	18	6,87	1,94	14,31	46,51	41	5,98	0,61	48,98	122,87
	D	11	5,67	1,17	15,76	76,33	39	4,46	0,61	32,01	118,25
Mg ²⁺	AY	19	3,20	0,48	12,74	85,31	35	4,48	0,00	14,21	63,04
	C	18	2,16	0,49	5,09	61,52	41	2,72	0,24	6,55	66,29
	D	11	1,84	0,20	6,07	99,03	39	1,96	0,05	6,69	84,47
H ⁺	AY	19	0,23	0,03	1,38	136,29	35	0,22	0,00	0,75	80,86
	C	18	0,08	0,01	0,23	70,66	41	0,13	0,00	1,13	149,94
	D	11	0,09	0,03	0,29	80,93	39	0,08	0,01	0,29	95,96
Al ³⁺	AY	19	1,33	0,00	10,03	172,09	35	0,97	0,00	7,20	184,97
	C	18	1,32	0,08	6,75	154,79	41	1,34	0,00	9,49	172,42
	D	11	3,31	0,09	21,69	197,23	39	1,10	0,00	14,40	243,97
ЕКО	AY	19	19,92	5,00	51,50	59,77	35	21,12	6,20	53,41	49,07
	C	18	10,44	3,50	20,99	49,56	41	11,56	0,96	52,85	82,05
	D	11	10,92	2,73	25,50	78,57	39	7,73	0,99	36,48	90,74
Ржавоземы и brunеземы остаточно-аллювиальные											
Ca ²⁺	AY	4	20,50	12,12	36,46	54,19	5	13,81	7,86	18,70	32,03
	BM	4	14,58	11,76	15,88	13,04	7	8,20	2,42	12,87	48,09
	C	4	11,95	6,25	14,55	32,26	5	10,07	1,21	20,00	69,27
Mg ²⁺	AY	4	5,81	2,94	8,23	42,48	5	4,65	2,35	8,62	53,89
	BM	4	4,25	2,79	6,07	39,94	7	4,77	2,55	7,72	41,91
	C	4	4,31	1,59	7,00	58,63	5	5,43	1,21	7,64	47,11
H ⁺	AY	4	0,38	0,09	0,96	103,29	5	0,22	0,10	0,39	49,06
	BM	4	0,19	0,06	0,36	72,20	7	0,28	0,03	1,23	153,64
	C	4	0,20	0,04	0,50	104,66	5	0,14	0,03	0,39	100,67
Al ³⁺	AY	4	1,07	0,19	2,61	104,54	5	0,76	0,05	2,70	148,64
	BM	4	0,64	0,15	1,26	76,39	7	1,48	0,02	4,83	112,19
	C	4	1,56	0,09	4,86	141,78	5	0,65	0,04	2,25	142,51
ЕКО	AY	4	27,75	17,20	45,80	48,23	5	19,44	12,20	24,80	25,39
	BM	4	19,67	15,10	23,57	19,05	7	14,64	9,50	20,40	32,96
	C	4	18,04	8,00	26,37	42,99	5	16,89	4,70	27,40	48,99

Максимальное значение ЕКО, как правило, отмечается в органогенном горизонте, что соотносится с данными о том, что с органическим веществом связано от 25 до 90% от общей ЕКО (Van Dijk, 1971; Oades et al., 1989). Поэтому между содержанием органического вещества и значениями ЕКО существует сильная корреляция (Harada and Inoko, 1975). Она обусловлена двумя факторами. Во-первых, органическое вещество оказывает сильное влияние на ЕКО посредством усиления диссоциации некоторых функциональных групп (карбоксильных и фенольных гидроксидов), в результате чего увеличивается количество отрицательных зарядов у гумуса и усиливается его комплексообразование с обменными катионами (Brady, Weil, 2002; Chapin et al., 2011). Во-вторых, органическое вещество образует органо-минеральные комплексы с глинистыми минералами, в которых участвуют в качестве соединительных звеньев обменные катионы (например, Ca²⁺, Fe³⁺ и Al³⁺), что приводит к повышению ЕКО (Brady, Weil, 2002; Mueller et al., 2012). Вместе с тем органическая составляющая почвы влияет на ЕКО в зависимости от других почвенных условий (характера породы и степени ее выветрелости, реакции почвенной среды, количества органического вещества в почве и его природы) (Кленов и Якутин, 2017). Например, водород фенолгидроксильных групп замещается обменными катионами лишь при щелочной реакции (Орлов и Гришина, 1981).

Учитывая важность органического вещества в формировании ЕКО, в исследуемых почвах проведен корреляционный анализ по выявлению взаимосвязей между содержанием органического вещества, значением ЕКО и содержанием отдельных катионов (таблица 2). Полученные результаты

показали, что достоверные коэффициенты корреляции (R) между органическим веществом и ЕКО выявлены только в почвах верхнего течения р. Амур, за исключением торфяно-глеевой почвы. Вероятно, разница между почвами верхнего и среднего течения р. Амур обусловлена строением поймы. В верхнем течении поймы адаптивно-врезанные, небольшие по размеру чаще подвержены затоплению и, как следствие, обновлению почвенного профиля. Также высокие скорости течения, характерные для горной речной долины верхнего Амура, обуславливают отложение более крупного аллювия на пойме. Поэтому формируемые почвы характеризуются легким гранулометрическим составом, а в таких почвах органическое вещество играет более важную роль в формировании ЕКО (Johnson, 2002). В среднем течении Амура поймы преимущественно широкопойменного типа, развивающиеся на протяжении длительного времени. Сформированные на этих поймах почвы, характеризуются значительным выветриванием исходного почвенного аллювия. В таких почвах ЕКО в большей мере будет обусловлена содержанием глинистых минералов, что особенно проявилось в статистически незначимой ($P > 0.05$) корреляции между углеродом органического вещества и ЕКО в глинистых брунезёмах остаточного-аллювиальных. Данное правило относится и к торфяно-глеевым почвам верхнего течения, которые формируются в пойменных депрессиях, где во время паводков отлагаются илестые и глинистые частицы, приводя к формированию тяжелых по гранулометрическому составу почв. Также низкие значения R между органическим веществом и ЕКО в торфяно-глеевых почвах обусловлены нахождением органического вещества в виде торфа, состоящего из слабо разложившихся растительных остатков, характеризующихся низкой поглощательной способностью.

Таблица 2

Коэффициенты корреляции (Пирсона) между содержанием углерода органического вещества и обменными катионами

Почвы	Коэффициенты корреляции между катионами и углеродом органического вещества				
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺	Al ³⁺	ЕКО
Верхнее течение р. Амур					
Аллювиальная торфяно-глеевая почва	0,50	0,24	0,78	0,31	0,40
Аллювиальная серогумусовая почва	0,81	0,58	0,87	-0,87	0,74
Аллювиальная серогумусовая глееватая почва	0,86	0,83	0,94	-0,14	0,76
Ржавозём остаточного-аллювиальный	0,93	0,58	0,83	-0,12	0,86
Среднее течение р. Амур					
Аллювиальная перегнойно-глеевая почва	0,67	0,29	0,69	0,49	0,65
Аллювиальная серогумусовая почва	0,68	0,62	0,25	0,01	0,68
Аллювиальная серогумусовая глееватая почва	0,61	0,17	0,56	-0,16	0,64
Брунезём остаточного-аллювиальный	0,42	-0,05	0,01	-0,03	0,33

Если анализировать корреляцию между содержанием органического вещества и обменными катионами, то ожидаемо высокие коэффициенты корреляции обнаруживаются у кальция и частично у магния, сорбирующихся на отрицательных электростатических участках. Также прослеживается сильная положительная взаимосвязь с водородом, что объясняется его происхождением. Основным источником H⁺ являются кислые функциональные группы гумусовых веществ (Панасин и др., 2015). Алюминий имел преимущественно отрицательную корреляцию с органическим углеродом почвы. Следовательно, органическое вещество не оказывает значительного влияния на содержание Al³⁺, которое преимущественно обусловлено глинистыми минералами.

ВЫВОДЫ

Наиболее высокой ЕКО характеризуются болотные почвы (торфяно-глеевые и перегнойно-глеевые) и остаточного-аллювиальные почвы (ржавозёмы и брунезёмы). Самой низкой ЕКО обладают аллювиальные серогумусовые почвы.

В почвах поймы верхнего течения р. Амур ЕКО выше, чем в почвах среднего течения, но разница незначительна.

Преобладающим катионом в ЕКО во всех почвах является кальций.

Насыщенность основаниями снижается в ряду: остаточного-аллювиальные почвы (ржавозёмы и брунезёмы) – аллювиальные серогумусовые почвы – аллювиальные серогумусовые глееватые – болотные (торфяно-глеевые и перегнойно-глеевые).

Коэффициент корреляции между ЕКО и органическим веществом во многом обусловлен характером речной сети и строением поймы, которые определяют гранулометрический состав и возраст почв. В молодых легких по гранулометрическому составу почвах между органическим веществом и ЕКО наблюдается сильная положительная корреляция, а в более зрелых почвах с большим содержанием илистых и глинистых частиц преимущественно умеренная корреляция.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-05-00151 а.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алябина И.О. *Закономерности формирования поглотительной способности почв*. М.: РЭФИА, 1998. 47 с.
2. Винокуров М.А. Емкость обмена минерального и органического комплекса // *Почвоведение*. 1941. № 5. С.33–43.
3. Гедройц К.К. *Избранные труды*. М.: Наука. 1975. 639 с
4. Дюшофур Ф. *Основы почвоведения. Эволюция почв*. М.: Прогресс, 1970. 592 с
5. *Классификация и диагностика почв России* / Авторы и составители: Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
6. Кленов Б.М., Якутин М.В. Емкость катионного обмена и органическая составляющая выщелоченных черноземов Приобья // *Интерэкспо Гео-Сибирь*. 2017. Том 4. № 2. С. 166-170.
7. Костенко И.В. Состав обменных катионов и кислотность почв горного Крыма // *Почвоведение*. 2015 № 8. С. 932–942. doi: [10.7868/S0032180X1508002X](https://doi.org/10.7868/S0032180X1508002X)
8. Мартынов А.В. *Влияние регулирования речного стока на почвенный покров пойм крупных рек Зейско-Селемджинской равнины* // Дисс... к.г.н. Хабаровск, 2013. 237 с.
9. Новицкий М.В., Донских И.Н., Чернов Д.В. *Лабораторно-практические занятия по почвоведению*. СПб.: Проспект Науки, 2009. 320 с.
10. Ознобихин, В.И., Синельников, Э.П., Рыбачук, Н.А. *Классификация и агропроизводственные группировки почв Приморского края*. Владивосток: ДВО РАН, 1994. 93 с.
11. Орлов Д.С., Гришина Л.А. *Практикум по химии гумуса*. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. 272 с.
12. Панасин В.И., Новикова С.И., Рымаренко Д.А. Агрохимические аспекты кислотно-основных свойств дерново-подзолистых почв // *Мир инноваций*. 2015. №1-4. С.125-131.
13. Bayley P.B. Understanding large river-floodplain ecosystems: Significant economic advantages and increased biodiversity and stability would result from restoration of impaired systems // *Bioscience*. 1995. Vol. 45. p. 153-158. doi: [10.2307/1312554](https://doi.org/10.2307/1312554)
14. Brady N.C., Weil, R.R. *The Nature and Properties of Soils*. New Jersey: Prentice Hall, 2002.
15. Chapin F.S., Matson, P.A., Vitousek, P.M. *Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology*. New York: Springer, 2011. doi:[10.1007/978-1-4419-9504-9](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-9504-9)
16. Chen D., Lan Z., Bai X., Grace J.B., Bai, Y. Evidence that acidification-induced declines in plant diversity and productivity are mediated by changes in below-ground communities and soil properties in a semi-arid steppe // *Journal of Ecology*. 2013. Vol. 101. No 5. p.1322–1334. doi:[10.1111/1365-2745.12119](https://doi.org/10.1111/1365-2745.12119)
17. DeHayes D.H., Schaberg, P.G., Hawley G.J., Strimbeck G.R. Acid rain impacts on calcium nutrition and forest health—Alteration of membrane-associated calcium leads to membrane destabilization and foliar injury in red spruce // *Bioscience*. 1999. Vol. 49. No 10. p. 789–800. doi:[10.2307/1313570](https://doi.org/10.2307/1313570)
18. Demchik M.C., Sharpe W.E. The effect of soil nutrition, soil acidity and drought on northern red oak (*Quercus rubra* L.) growth and nutrition on Pennsylvania sites with high and low red oak mortality // *Forest Ecology and Management*. 2000. Vol. 136. No 1-3. p. 199–207. doi:[10.1016/s0378-1127\(99\)00307-2](https://doi.org/10.1016/s0378-1127(99)00307-2)
19. Duquette M., Hendershot W.H. Contribution of exchangeable aluminum to cation exchange capacity at low pH // *Can. J. Soil Sci.* 1987. Vol. 67. p. 175–185.
20. Harada, Y., Inoko, A. Cation-exchange properties of soil organic matter. I. Effects of conditions for the measurement on cation-exchange capacity values of humic acid preparations // *Soil Science and Plant Nutrition*. 1975. Vol. 21. No 4. p. 361–369. doi: [10.1080/00380768.1975.10432651](https://doi.org/10.1080/00380768.1975.10432651)
21. Johnson C.E. Cation exchange properties of acid forest soils of the north eastern USA // *European Journal of Soil Science*. 2002. Vol. 53. p. 271–282. doi:[10.1046/j.1365-2389.2002.00441.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2389.2002.00441.x)
22. Lieb A. M., Darrouzet-Nardi A., Bowman, W.D. Nitrogen deposition decreases acid buffering capacity of alpine soils in the southern Rocky Mountains // *Geoderma*. 2011. Vol.164. No 3-4. p. 220–224. doi:[10.1016/j.geoderma.2011.06.013](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2011.06.013)
23. Lu X., Mao Q., Mo J., Gilliam F.S., Zhou G., Luo Y. Huang J. Divergent responses of soil buffering capacity to long-term N deposition in three typical tropical forests with different land-use history // *Environmental Science & Technology*. 2015. Vol. 49. No7. p. 4072–4080. doi:[10.1021/es5047233](https://doi.org/10.1021/es5047233)
24. Lucas R.W., Klaminder J., Futter M.N., Bishop K.H., Egnell G., Laudon H., Hugberg, P. A meta-analysis of the effects of nitrogen additions on base cations: Implications for plants, soils, and streams. // *Forest Ecology and Management*. 2011. Vol. 262. No 2. p. 95–104. doi: [10.1016/j.foreco.2011.03.018](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.03.018)

25. Luo W.T., Nelson P.N., Li M.-H., Cai J.P., Zhang Y.Y., Zhang Y.G., Jiang Y. Contrasting pH buffering patterns in neutral-alkaline soils along a 3600 km transect in northern China // *Biogeosciences*. 2015. Vol.12. No23. p. 7047–7056. doi: [10.5194/bg-12-7047-2015](https://doi.org/10.5194/bg-12-7047-2015)
26. McLaughlin S.B., Wimmer R. Tansley review no. 104—Calcium physiology and terrestrial ecosystem processes // *The New Phytologist*. 1999. Vol. 142. No3. p. 373–417. doi: [10.1046/j.1469-8137.1999.00420.x](https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.1999.00420.x)
27. Mueller K.E., Eissenstat D.M., Hobbie S.E. et al. Tree species effects on coupled cycles of carbon, nitrogen, and acidity in mineral soils at a common garden experiment // *Biogeochemistry*. 2012. Vol. 111. No1-3. p. 601–614. doi: [10.1007/s10533-011-9695-7](https://doi.org/10.1007/s10533-011-9695-7)
28. Oades J.M., Gillman G.P., Uehara G., et al. *Interactions of soil organic matter and variable-charge clays* // Dynamics of Soil Organic Matter in Tropical Ecosystems. University of Hawaii Press, Honolulu, 1989. P.69–95.
29. Reuss J.O., Walthall P.M., Roswall E.C., Hopper R.W.E. Aluminum solubility, calcium-aluminum exchange, and pH in acid forest soils // *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 1990. Vol. 54. p. 374–380. doi: [10.2136/sssaj1990.03615995005400020013x](https://doi.org/10.2136/sssaj1990.03615995005400020013x)
30. Ruiz Sinoga J.D., Pariente S. Romero Diaz A., Martinez Murillo J.F. Variability of relationships between soil organic carbon and some soil properties in Mediterranean rangelands under different climatic conditions (South of Spain) // *Catena*. 2012. Vol. 94. p.17–25. doi: [10.1016/j.catena.2011.06.004](https://doi.org/10.1016/j.catena.2011.06.004)
31. Van Dijk H. Colloid chemical properties of humic matter // *Soil Biochemistry*. 1971. Vol.2. p. 16–35.
32. Walder K, Walder O, Rinklebe J, Menz J. Estimation of soil properties with geostatistical methods in floodplains // *Arch Agron Soil Sci*. 2008. Vol. 54. p.275–295. doi: [10.1080/03650340701488485](https://doi.org/10.1080/03650340701488485)
33. Xu R., Zhao A., Yuan J., Jiang, J. pH buffering capacity of acid soils from tropical and subtropical regions of China as influenced by incorporation of crop straw biochars // *Journal of Soils and Sediments*. 2012. Vol. 12. No4. p. 494–502. doi: [10.1007/s11368-012-0483-3](https://doi.org/10.1007/s11368-012-0483-3)
34. *IUSS Working Group WRB, World Reference Base for Soil Resources International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps, World Soil Resources Reports. № 106. FAO, Rome, 2014. 181 p.*

Поступила в редакцию 23.04.2019

Принята 26.06.2019

Опубликована 14.07.2019

Сведения об авторе:

Мартынов Александр Викторович – кандидат географических наук, научный сотрудник лаборатории геоэкологии Института геологии и природопользования ДВО РАН (г. Благовещенск, Россия); lexx_1981@list.ru

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи



Статья доступна по лицензии [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

CATION EXCHANGE CAPACITY IN THE AMUR RIVER FLOODPLAIN SOILS: SORPTION OF EXCHANGEABLE CATIONS BY ORGANIC MATTER

© 2019 A.V. Martynov 

Address: Institute of Geology and Nature Management, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Blagoveshchensk, Russia. E-mail: lexx_1981@list.ru

The aim of the study. To determine cation exchange capacity (CEC) and the saturation with basic cations of different types of the Amur River floodplain soils and reveal the relationship between CEC and soil organic matter (SOM) content.

Location and time. The upper and mid-stream of the Amur River in the period from 2011 to 2015.

Methodology. In this study CEC was estimated as the sum of Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ , Al^{3+} . Exchangeable hydrogen and aluminum were determined using 1N KCl. Exchangeable calcium and magnesium were measured by the complexometric method using NH_4Cl . The SOM carbon content was determined by dichromate digestion. Correlation was performed by the Pearson method.

Main results. The highest CEC (the average ranging from 16 to 21 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$) was found in Gleyic Histic Fluvisols and residual alluvial soils (Brunic Arenosols and Pluvic Haeozems). Umbric Fluvisols had the lowest CEC ranging from 11 to 13 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$. The base saturation decreased in the range: residual-alluvial soils (Brunic Arenosols and Pluvic Haeozems) (85–95%) - Umbric Fluvisols (70–90%) - Umbric Fluvisols (HypoGleyic) (52–90%) - Gleyic Histic Fluvisols (33–95%). The light-textured young soils had high (>0.75)

correlation between SOM and CEC, whereas developed heavy-textured soils showed moderate correlation (0,40-0,70).

Conclusion. Alluvial soils of the Amur River floodplain are characterized by moderate CEC values, mostly with high degree of saturation. The relationship between CEC and SOM is determined by soil granulometric composition and bedrock weathering.

Key words: exchangeable cations; alluvial soils; the Amur River; organic matter; correlation analysis

How to cite: Martynov A.V. Cation exchange capacity of the Amur River floodplain soils: sorption of exchangeable cations by organic matter // *The Journal of Soils and Environment*. 2019. 2(2). e65 doi: [10.31251/pos.v2i2.65](https://doi.org/10.31251/pos.v2i2.65) (in Russian with English abstract).

REFERENCES

1. Alyabina I.O. *Patterns of formation of the absorption capacity of the soil*. Moscow: REFIA Publ., 1998. 47 p. (in Russian)
2. Vinokurov M.A. The exchange capacity of the mineral and organic complex, *Pochvovedenie*, 1941, No5, p. 33–43. (in Russian)
3. Gedroits K.K. *Selected Works*. Moscow: Science. 1975. 639 p. (in Russian)
4. Duchofour F. *Basics of Soil Science. The evolution of the soil*. Moscow: Progress Publ., 1970. 592 p. (in Russian)
5. *Soil classification and diagnostic of Russia* / Authors and compilers: L.L. Shishov, V.D. Tonkonogov, I.I. Lebedeva, M.I. Gerasimov. Smolensk: Oykumena Publ., 2004. 342 p. (in Russian)
6. Klenov B.M., Yakutin M.V. The cation exchange capacity and the organic component of Priobye's leached Chernozem, *Interexpo Geo-Siberia, 2017, Vol. 4, No2, p. 166–170*. (in Russian)
7. Kostenko I.V. Composition of exchangeable bases and acidity in soils of the Crimean Mountains. *Eurasian Soil Science*, 2015, Vol. 48, No8, p. 812–822. doi: [10.1134/S1064229315080025](https://doi.org/10.1134/S1064229315080025)
8. Martynov A.V. *Influence of regulation of river flow on the soil cover of the floodplains of large rivers of the Zeya-Selemdzhinsky plain, Diss ... of Cand.. Geogra...Sci. Khabarovsk, 2013. 237 p.* (in Russian)
9. Novitsky M.V., Donskikh I.N., Chernov D.V. *Laboratory and practical classes in soil science*. SPb.: Prospect of Science Publ., 2009. 320 p. (in Russian)
10. Oznobikhin, V.I., Sinelnikov, E.P., Rybachuk, N.A. *Classification and agro-industrial groups of soils of the Primorsky Territory*. Vladivostok: Far East Branch of the Russian Academy of Sciences, 1994. 93 p. (in Russian)
11. Orlov D.S., Grishina L.A. *Workshop on the chemistry of humus*. Moscow: Moscow University Publ., 1981. 272 p. (in Russian)
12. Panasin V.I., Novikova S.I., Rymarenko D.A. Agrochemical aspects of acid-base properties of der new podzols, *World of Innovations*, 2015, №1-4, p.125-131. (in Russian)
13. Bayley P.B. Understanding large river-floodplain ecosystems: Significant economic advantages and increased biodiversity and stability would result from restoration of impaired systems, *Bioscience*, 1995, Vol. 45, Iss. 3, p.153-158. doi: [10.2307/1312554](https://doi.org/10.2307/1312554)
14. Brady N.C., Weil, R.R. *The Nature and Properties of Soils*. New Jersey: Prentice Hall, 2002.
15. Chapin F.S., Matson, P.A., Vitousek, P.M. *Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology*. New York: Springer, 2011. doi:[10.1007/978-1-4419-9504-9](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-9504-9)
16. Chen D., Lan Z., Bai X., Grace J.B., Bai, Y. Evidence that acidification-induced declines in plant diversity and productivity are mediated by changes in below-ground communities and soil properties in a semi-arid steppe. *J Ecol*, 2013, Vol. 101, No 5, p.1322–1334. doi:[10.1111/1365-2745.12119](https://doi.org/10.1111/1365-2745.12119)
17. DeHayes D.H., Schaberg, P.G., Hawley G.J., Strimbeck G.R. Acid rain impacts on calcium nutrition and forest health—Alteration of membrane-associated calcium leads to membrane destabilization and foliar injury in red spruce, *Bioscience*, 1999, Vol. 49, No10, p. 789–800. doi:[10.2307/1313570](https://doi.org/10.2307/1313570)
18. Demchik M.C., Sharpe W.E. The effect of soil nutrition, soil acidity and drought on northern red oak (*Quercus rubra* L.) growth and nutrition on Pennsylvania sites with high and low red oak mortality, *Forest Ecol Manag*, 2000, Vol. 136, No 1-3, p. 199–207. doi:[10.1016/s0378-1127\(99\)00307-2](https://doi.org/10.1016/s0378-1127(99)00307-2)
19. Duquette M., Hendershot W.H. Contribution of exchangeable aluminum to cation exchange capacity at low pH, *Can. J. Soil Sci*, 1987, Vol. 67, p. 175–185.
20. Harada, Y., Inoko, A. Cation-exchange properties of soil organic matter. I. Effects of conditions for the measurement on cation-exchange capacity values of humic acid preparations, *Soil Sci Plant Nutr*, 1975, Vol. 21, No 4, p. 361–369. doi: [10.1080/00380768.1975.10432651](https://doi.org/10.1080/00380768.1975.10432651)
21. Johnson C.E. Cation exchange properties of acid forest soils of the northeastern USA, *Eur J Soil Sci*, 2002, Vol. 53, p. 271–282. doi:[10.1046/j.1365-2389.2002.00441.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2389.2002.00441.x)
22. Lieb A. M., Darrouzet-Nardi A., Bowman, W.D. Nitrogen deposition decreases acid buffering capacity of alpine soils in the southern Rocky Mountains, *Geoderma*, 2011, Vol.164, No3-4, p. 220–224. doi:[10.1016/j.geoderma.2011.06.013](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2011.06.013)

23. Lu X., Mao Q., Mo J. et al. Divergent responses of soil buffering capacity to long-term N deposition in three typical tropical forests with different land-use history. *Environ Sci Technol*, 2015, Vol. 49, No7, p. 4072–4080. doi:[10.1021/es5047233](https://doi.org/10.1021/es5047233)
24. Lucas R.W., Klaminder J., Futter M.N., Bishop K.H., Egnell G., Laudon H., Hugberg, P. A meta-analysis of the effects of nitrogen additions on base cations: Implications for plants, soils, and streams, *Forest Ecol Manag*, 2011, Vol. 262, No 2, p. 95–104. doi:[10.1016/j.foreco.2011.03.018](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.03.018)
25. Luo W.T., Nelson P.N., Li M.-H., et al. Contrasting pH buffering patterns in neutral-alkaline soils along a 3600 km transect in northern China, *Biogeosciences*, 2015, Vol.12, No23, p. 7047–7056. doi: [10.5194/bg-12-7047-2015](https://doi.org/10.5194/bg-12-7047-2015)
26. McLaughlin S.B., Wimmer R. Tansley review no. 104–Calcium physiology and terrestrial ecosystem processes, *The New Phytologist*, 1999, Vol. 142, No3, p. 373–417. doi: [10.1046/j.1469-8137.1999.00420.x](https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.1999.00420.x)
27. Mueller K.E., Eissenstat D.M., Hobbie S.E. et al. Tree species effects on coupled cycles of carbon, nitrogen, and acidity in mineral soils at a common garden experiment, *Biogeochemistry*, 2012, Vol. 111, No1-3, p. 601–614. doi: [10.1007/s10533-011-9695-7](https://doi.org/10.1007/s10533-011-9695-7)
28. Oades J.M., Gillman G.P., Uehara G., Hue N.V. et al. *Interactions of soil organic matter and variable-charge clays*. In book: Dynamics of Soil Organic Matter in Tropical Ecosystems. University of Hawaii Press, Honolulu, 1989, p. 69–95.
29. Reuss J.O., Walthall P.M., Roswall E.C., Hopper R.W.E. Aluminum solubility, calcium-aluminum exchange, and pH in acid forest soils, *Soil Sci. Soc. Amer. J*, 1990, Vol.54, p. 374–380. doi: [10.2136/sssaj1990.03615995005400020013x](https://doi.org/10.2136/sssaj1990.03615995005400020013x)
30. Ruiz Sinoga J.D., Pariente S. Romero Diaz A., Martinez Murillo J.F. Variability of relationships between soil organic carbon and some soil properties in Mediterranean rangelands under different climatic conditions (South of Spain), *Catena*, 2012, Vol. 94, p.17–25. doi: [10.1016/j.catena.2011.06.004](https://doi.org/10.1016/j.catena.2011.06.004)
31. Van Dijk H. Colloid chemical properties of humic matter, *Soil Biochemistry*, 1971, Vol.2, p. 16–35.
32. Walder K, Walder O, Rinklebe J, Menz J. Estimation of soil properties with geostatistical methods in floodplains, *Arch Agron Soil Sci*, 2008, Vol. 54, p.275–295. doi: [10.1080/03650340701488485](https://doi.org/10.1080/03650340701488485)
33. Xu R., Zhao A., Yuan J., Jiang, J. pH buffering capacity of acid soils from tropical and subtropical regions of China as influenced by incorporation of crop straw biochars, *J Soil Sediment*, 2012, Vol. 12, No4, p. 494–502. doi: [10.1007/s11368-012-0483-3](https://doi.org/10.1007/s11368-012-0483-3)
34. *IUSS Working Group WRB*, World Reference Base for Soil Resources International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps, World Soil Resources Reports. № 106. FAO, Rome, 2014. 181 p.

Received 23 April 2019

Accepted 21 June 2019

Published 14 July 2019

About the author:

Martynov Alexander V. - Candidate of Sciences in Geography, Researcher at the Laboratory of Geocology, Institute of Geology and Nature Management, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (Blagoveshchensk, Russia); lexx_1981@list.ru

The author read and approved the final manuscript



The article is available under [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)