

УДК 631.45(571.63)

Эколого-агрохимическая оценка осадочных отложений озёр морских террас побережья Японского моря

© 2014. Н. М. Костенков, д.б.н., зав. лабораторией,
Биолого-почвенный институт Дальневосточного отделения РАН,
e-mail: kostenkov@ibss.dvo.ru

Работа посвящена изучению агрохимических, физико-химических и экологических характеристик мощных озёрных суглинисто-глинистых отложений, сформировавшихся на низких морских террасах Японского моря. Определение таких показателей, как кислотность, содержание органических и минеральных компонентов, биогенных элементов, физической глины, ила, степени засоленности осадочных пород, позволяет оценить их агрохимическую ценность и соответствие сапропелям. Содержание в озёрных отложениях гумуса, питательных элементов низкое, а степень засоленности натрием высокая. Такой уровень агрохимических показателей не позволяет относить эти суглинисто-глинистые отложения к сапропелям и использовать их как удобрительные смеси для сельскохозяйственного производства.

The purpose of the research is characterization of agrochemical, physico-chemical and ecological properties of thick loamy-clay lake sediments formed on the lower marine terraces of the Sea of Japan. Assessing such indicators as acidity, content of organic and mineral components, nutrients, physical clay, silt, sediment salinity can help assess their agrochemical value and conformity to sapropel. Content of humus and nutrients in lake sediments is low and salinity with sodium is high. This level of agrochemical parameters does not allow to attribute these loamy-clay sediments to sapropel and use them as a fertilizer mixture for agricultural production.

Ключевые слова: сапропели, суглинисто-глинистые отложения, химический состав, агрохимическая оценка озёрных отложений

Keywords: sapropels, loamy and clayey sediments, chemical composition, agrochemical evaluation of lake sediments

Введение

На побережье низких морских террас залива Находка между мысами Крылова и Гранитный Японского моря расположен ряд озёр (Первое, Второе, Песчаное) с мощным слоем суглинисто-илистых отложений от 1 до 5 м, которые по морфологическим признакам можно предварительно отнести к сапропелям: тяжело-суглинистый гранулометрический состав органо-силикатного вида, отложения тёмно-серого или серого цвета. Находятся эти озера и, соответственно, залежи осадочных пород в зоне с развитым сельскохозяйственным производством по долине р. Партизанской. Почвенный покров долины представлен в основном двумя типами почв: аллювиальными и бурозёмами. Содержание органического вещества (гумуса) в них колеблется от 2,0 до 4,0%. Особенно низко содержание гумуса в аллювиальных почвах (менее 3,0%), которые в большинстве используются под пахотные угодья. Эти почвы слабокислые, реже кислые или среднекислые, уровень гидролитической кислотности невысокий (до 6,0 мг-экв), содержание подвижных

форм фосфора очень низкое (<2,5 мг), калия – среднее (8-12 мг/100 г почвы).

Общий уровень плодородия почв, находящихся под пашней (агрозёмы), невысокий, и для получения стабильных урожаев сельскохозяйственных культур нужно вносить минеральные и органические удобрения, особенно под пропашные культуры. Высокие цены на минеральные удобрения сдерживают их широкое применение, а торфяные залежи для приготовления удобрительных смесей в этом районе отсутствуют. Поэтому следует обратить внимание на озёрные залежи илов, которые по морфогенетическому облику соответствуют сапропелям.

Сапропель считается природным ресурсом органического сырья для производства удобрений и представляет собой илистые отложения водоёмов, которые содержат органические вещества не менее 15%, а углерода – до 25%. Особо ценными являются сапропели, которые содержат золы менее 10%, хотя наиболее распространены отложения с зольностью 30–50%. Содержание фосфора в сапропелях колеблется от 0,05 до 7%, азота – от 2 до 6% [1–3].

Всё природное разнообразие сапропелевых удобрений в соответствии с действующей классификацией [4, 5] делится на три типа и шесть классов, из которых только классы органический (вид торфянистый) и кремнистый (вид диатомовый) используются как удобрения, а карбонатный (виды известковый и известковистый) и железистый (вид известково-железистый) пригодны для химической мелиорации, т. е. для снижения кислотности почв. К наиболее перспективным можно отнести сапропели органического класса. К ним относятся органо-глинистые, органо-песчанистые и органо-известковые отложения, которые содержат до 3% азота (на сухое вещество); 4-18% оксида кальция и до 0,4% фосфора. При выборе сапропелевого сырья для удобрений или приготовления удобрительных смесей необходимо определить общий уровень их зольности и содержание в них углерода, карбонатов кальция и биогенных элементов (N, P, K). Агрохимическую эффективность сапропелей определяет общее содержание азота, фосфора, калия, кальция и количество илстой фракции [6–11]. Условной границей химического состава сапропелевых отложений, отделяющих их от суглинисто-илистых толщ осадочных пород, является главным образом наличие в них углерода не менее 15%, а зольность должна быть не более 85%. Основными компонентами сапропелей являются кремний, алюминий, магний, натрий, железо и углекислый кальций. В минеральном составе этих природных отложений первое место занимает кремний (до 80%), затем идёт карбонат кальция (до 50%) и железо (до 10%) [7].

Цель работы – определить агрохимические, физико-химические и гидрофизические свойства озёрных суглинисто-глинистых отложений низких морских террас залива Находка и оценить соответствие полученных аналитических характеристик критериям сапропелевых удобрений.

Объекты и методы исследований

Объектами исследований являются суглинисто-глинистые отложения озёр Первое, Второе и Песчаное, которые расположены на низкой морской прибрежной территории залива Находка Японского моря в нижней части склона хребта Партизанский Сихотэ-Алинских гор. Береговая линия озёр Первое и Второе непосредственно примыкает к заливу Находка, а озеро Песчаное расположено в

межгорной котловине, примыкающей к морскому заливу.

На каждом из трёх озёр образцы рыхлых отложений мощностью 20 см отбирали на глубину до 120 см по шесть образцов с каждого объекта. Аналитические работы выполнены общепринятыми методами: валовой химический состав, углерод (гумус) по Тюрину, фосфор по Кирсанову, калий по Масловой, азот – легкогидролизуемые формы; в водной вытяжке определяли сухой остаток и количество натрия; содержание физической глины (<0,01 мм) и илстой фракции (<0,001 мм) – по Качинскому; уровень кислотности (актуальную и потенциальную) измеряли на рН-метре; потери при прокаливании и зольность устанавливали весовым методом [12, 13]. Содержание валовых форм микроэлементов определяли рентген-спектральным методом в Приморском аналитическом центре локального элементного анализа (ДВГУ ДВО РАН).

Результаты и их обсуждение

По морфологическому облику озёрные отложения имеют серый или тёмно-серый цвет, по величине плотности их можно отнести к уплотнённым образованиям (1,0–1,3 г/см³), имеют хорошую пластичность, высоковолажёмкие (80–95%), липкие, вязкие, при высыхании становятся очень твёрдыми. Следовательно, по перечисленным органолептическим признакам их можно отнести к сапропелям.

По гранулометрическому составу рыхлые озёрные отложения по шкале Качинского относятся к суглинкам лёгким, тяжёлым или глинам в зависимости от содержания в них фракции физической глины (<0,01 мм). Количество ила (частиц <0,001 мм) в суглинках озёр колеблется в умеренных пределах от 11 до 20%, но меньше всего этой фракции в донных отложениях оз. Песчаное (табл. 1).

Реакция среды (актуальная и потенциальная кислотность) глинистых отложений озёр Первого и Второго сильнощелочная, Песчаного – слабощелочная или нейтральная. Содержание углерода по всей толще глин колеблется в узких пределах. Например, в Первом озере от 3,00 до 3,52%, во Втором – от 2,31 до 2,85%, в Песчаном – от 2,11 до 3,15%. Суммарное содержание органического вещества в донных отложениях (потеря после прокалывания) составляет 4,9–9,5%. Следует отметить, что количество углерода и органических веществ в глинистых отложениях по всей глубине до 120 см невысокое и максимально составляет

Таблица 1

Агрохимическая и гидрофизическая характеристика осадочных пород озёр морских террас

Глубина образцов, см	Питательные элементы, мг/100 г			Гранулометрический состав пород, мм		Гранулометрический состав (по Качинскому) [14]
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	физическая глина, <0,01 мм	ил, <0,001 мм	
Первое озеро						
0-20	0,27	3,74	126,5	38	18	Суглинок тяжёлый
20-40	0,31	3,85	130,1	35	17	Суглинок тяжёлый
40-60	0,25	3,80	127,5	37	18	Суглинок тяжёлый
60-80	0,27	3,72	125,9	33	14	Суглинок тяжёлый
80-100	0,30	3,78	128,1	41	19	Глина легкая
100-120	0,32	3,80	125,8	42	20	Глина легкая
Второе озеро						
0-20	0,27	4,20	149,8	33	14	Суглинок тяжёлый
20-40	0,25	4,15	150,1	32	12	Суглинок тяжёлый
40-60	0,28	4,25	158,2	36	15	Суглинок тяжёлый
60-80	0,22	3,95	139,3	35	14	Суглинок тяжёлый
80-100	0,25	3,85	140,8	34	13	Суглинок тяжёлый
100-120	0,20	4,10	142,7	34	15	Суглинок тяжёлый
Песчаное озеро						
0-20	0,15	2,71	125,8	19	11	Суглинок лёгкий
20-40	0,17	2,83	131,1	20	12	Суглинок лёгкий
40-60	0,14	2,91	120,7	18	9	Суглинок лёгкий
60-80	0,12	2,68	120,8	18	10	Суглинок лёгкий
80-100	0,12	2,65	124,9	17	12	Суглинок лёгкий
100-120	0,13	2,59	120,8	21	13	Суглинок средний

по углероду 3,52%, а в пересчёте на гумус (по Тюрину) достигает 6,16%.

Валовой химический состав исследуемых озёрных отложений свидетельствует о том, что в них преобладает диоксид кремния, содержание которого колеблется от 70 до 80%, а суммарное количество алюмосиликатов (SiO₂ и Al₂O₃) достигает 90%. Наибольшее содержание алюминия можно отметить в суглинистых отложениях озера Песчаное (>10%). Во всех озёрных отложениях доминируют соединения кремния и алюминия, а из других минеральных компонентов можно отметить содержание железа (до 5,1%), кальция (до 1,4%), магния (до 5,1%) и калия (до 1,4%). Количество фосфора в осадках невелико и колеблется в пределах 0,1–1,4% (табл.1).

Содержание валовых форм тяжёлых металлов в осадочных породах по всем оценочным шкалам, в т.ч. и кларковому уровню, невысокое и соответствует их содержанию в осадочных породах региона, не превышая ПДК этих микроэлементов (табл. 2).

Содержание органического вещества в сапротеле должно составлять не менее 15%,

следовательно, в нём должно быть не более 85% минеральных (зольных) частиц. Эти показатели считаются условной границей сапротелевых отложений, которые отделяют эти отложения от ила [11]. По всей минеральной толще исследуемых озёр показатели зольности по слоям на глубине до 120 см больше 90% (табл. 3).

Содержание подвижных питательных элементов в суглинисто-глинистых осадках различное. Так, содержание легкогидролизуемого азота среднее (Первое и Второе озёра) и находится в пределах от 0,20 до 0,32 мг/100 г, а в осадках Песчаного составляет не более 0,17 мг/100 г, т. е. низкое.

Количество подвижных форм фосфора в осадках всех озёр стабильно низкое, реже среднее и колеблется от 2,65 до 4,20 мг/100 г. Самое низкое содержание фосфора отмечено в осадках озера Песчаное (2,59-2,91 мг). Содержание подвижных форм калия в донных осадках высокое и составляет 120,7–158,2 мг/100 г. Чётких закономерностей между глубиной залегания осадков и количеством в них калия не наблюдается, разница в содержании калия по отдельным слоям невелика и обычно не

Таблица 2

Валовой химический состав озёрных илов

Глубина проб, см	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅	Zn	Pb	Cu	Co	Ni
	%							мг/кг				
Первое озеро												
0-20	71,6	12,3	5,1	4,3	5,1	1,2	0,2	51	15	44	15	60
20-40	72,7	11,7	4,6	4,0	5,3	1,4	0,2	51	18	46	15	65
40-60	70,1	12,8	5,1	4,1	5,4	1,0	0,3	5	17	40	17	63
100-120	71,0	12,9	4,9	4,4	5,2	1,2	0,2	46	16	49	15	61
Второе озеро												
0-20	71,0	14,7	4,8	3,8	3,5	1,0	0,2	47	17	46	13	40
20-40	71,8	13,2	5,0	3,4	3,0	1,3	0,3	50	16	50	10	50
40-60	73,7	12,9	4,5	4,0	3,7	0,9	0,1	44	19	52	11	48
100-120	72,0	13,8	4,9	3,8	3,9	1,2	0,2	46	18	49	13	50
Песчаное озеро												
0-20	79,5	10,1	3,5	2,1	3,2	0,9	0,4	60	18	50	17	50
20-40	78,6	10,5	3,7	2,3	3,5	0,9	0,3	65	20	49	16	56
40-60	80,0	9,8	3,4	2,3	3,0	1,0	0,2	65	18	45	17	51
100-120	79,5	10,3	3,2	2,0	3,4	1,1	0,3	63	19	50	18	54

превышает 10 мг. Следует особо отметить, что содержание питательных элементов (N, P, K) в осадках по градации низкое-среднее-высокое проведено по критериям, которые разработаны для почв [13, 15].

Непосредственная близость озёр к морской акватории залива сказывается на солевом

составе суглинисто-глинистых отложений, которые имеют щелочную или нейтральную реакцию среды. Степень засоления осадков определяли по сухому остатку водной вытяжки и содержанию в ней натрия. По всей толще (0–120 см) осадочные породы засолены и сухой остаток по каждому озеру различный.

Таблица 3

Физико-химическая характеристика осадочных пород озёр морских террас

Глубина образцов, см	Объёмная масса, г/см ³	рН		Зольность, %	Потеря после прокаливании, %	Содержание углерода, %	CaO, %	Na ₂ O, мг/100 г	Сухой остаток, %
		водный	солевой						
Первое озеро									
0-20	1,1	8,38	7,63	92,5	7,5	3,17	3,1	528,1	1,50
20-40	1,0	8,56	7,72	93,7	6,3	3,52	2,9	530,2	1,27
40-60	0,9	7,80	6,40	94,0	6,0	3,48	3,4	525,8	1,29
60-80	1,2	8,42	7,70	95,0	5,0	3,21	3,0	531,2	1,28
80-100	1,2	8,24	7,50	94,7	5,3	3,00	3,3	537,3	1,31
100-120	1,1	8,42	7,65	95,1	4,9	3,21	3,4	530,1	1,29
Второе озеро									
0-20	1,0	8,62	8,00	91,7	8,3	2,82	3,4	739,4	2,38
20-40	1,1	8,55	7,70	90,5	9,5	2,71	2,9	745,2	2,40
40-60	1,2	8,72	7,60	92,1	7,9	2,31	2,8	750,1	2,35
60-80	0,9	8,81	7,50	91,8	8,2	2,35	3,1	740,7	2,41
80-100	1,2	8,56	7,70	90,9	8,1	2,70	3,2	728,7	2,42
100-120	1,3	8,65	7,60	92,1	7,9	2,85	3,0	751,2	2,35
Песчаное озеро									
0-20	1,2	7,0	6,1	94,3	5,7	2,11	2,1	0,50	0,11
20-40	1,1	6,8	6,0	91,4	8,9	2,95	2,0	0,49	0,12
40-60	1,1	7,0	6,2	90,5	9,5	2,87	1,9	0,50	0,13
60-80	1,1	6,9	5,9	95,0	5,0	3,10	2,3	0,48	0,13
80-100	1,3	7,1	6,3	93,2	6,8	3,15	2,4	0,49	0,11
100-120	1,3	6,8	6,0	91,7	8,3	2,82	1,8	0,50	0,14

В отложениях Первого озера величина сухого остатка колеблется от 1,25 до 1,31%, во Втором составляет 2,35–2,42%, в Песчаном – от 0,11 до 0,14%. Следовательно, наиболее засолены осадки Первого и Второго озёр, а озёрные осадки озера Песчаное являются слабо засоленными. Наиболее высокое содержание солей натрия (Na_2O) отмечается в водной вытяжке глин из озера Второе – до 750 мг на 100 г, а наименьшее в осадках озера Песчаное – до 0,5 мг на 100 г. Присутствие в больших количествах натрия в отложениях озёр Первое и Второе свидетельствует об их засолении. Это положение подтверждает и величина сухого остатка, который достигает 2,4%. Для сравнения: величина сухого остатка в незасоленных почвах не превышает 0,3%, в слабозасоленных находится в пределах 0,3–0,5%, средnezасоленных – 1,0–2,0% и только в солончаках превышает 2%. Итак, рыхлые донные отложения двух озёр Первое и Второе очень сильно засолены, оз. Песчаное – слабо засолено (0,11–0,14%).

Заключение

По морфологическим признакам рыхлые осадочные породы озёр низких морских террас вполне соответствуют облику сапропелей, в том числе и по составу минеральных компонентов. Однако суглинисто-глинистые отложения озёр Первое, Второе и Песчаное по физико-химическим и агрохимическим показателям, особенно по содержанию органического вещества и величине зольности, не относятся к сапропелям. Полученные материалы позволяют отметить, что агрохимическая ценность озёрных осадков низкая, т.к. в них содержатся небольшое количество углерода, подвижных форм азота, фосфора, калия и высокая зольность. К отрицательным свойствам озёрных осадков следует отнести их засоленность и высокое содержание в глинах натрия (до 0,7%), а также щелочную реакцию среды всей осадочной толщи. Следовательно, как удобрения или для приготовления удобрительных смесей суглинисто-глинистые отложения озёр использовать не рекомендуется, т.к. они не являются сапропелями. По количеству тяжёлых металлов в глинах озёрных отложений морских террас они характеризуются низким содержанием микроэлементов первого и второго класса опасности, которые находятся на уровне 10^{-2} – 10^{-3} % (масс) по всей толще осадков.

Литература

1. Бакшеев В.Н. Использование сапропеля для повышения продуктивности животных // Совершенствование сельскохозяйственных животных и их кормление в Северном Зауралье. Новосибирск, 1989. С. 52–57.
2. Бракш Н.А. Сапропелевые отложения и пути их использования. Рига: ЗИНИТНЕ, 1971. 282 с.
3. Курзо Б.В., Лопатко М.З., Богданов С.В. Влияние физико-географических условий на состав и запасы сапропелей озёр Белорусского Полесья и их техническая мелиорация // Проблемы Полесья. 1987. Вып. 11. С. 248–255.
4. Алексейко И.С. Геохимическая характеристика сапропелей Приамурья // Вестник Амурского регион. Отд. Междунар. Акад. Аграрного образования. Благовещенск. ДальГАУ. 2001. С. 10–14.
5. Алексейко И.С., Григоров М.С., Яременко А.А. Использование сапропеля на мелиорированных землях Приамурья // Роль минерально-сырьевой базы Сибири в устойчивом функционировании плодородия почв: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. Красноярск. 2001. С. 16–20.
6. Инструкция по разработке озёрных месторождений сапропеля РСФСР. М.: Торфгеология, 1988. С. 6–11.
7. Авдеева Л.Н., Коваленко Т.А., Блинов В.И., Семенова О.Н., Тренихин М.В. Исследование состава минеральной части сапропелей // Вестник Омского университета. 2009. № 2. С. 160–163.
8. Лопатко М.З. Рекомендации по промышленной технологии добычи сапропелей из открытых водоёмов для удобрений. М.: Колос, 1988. 50 с.
9. Лопатко М.З., Евдокимов Е.А., Кузьмицкий П. Л. Исследование сапропелей на удобрение // Химизация сельского хозяйства. 1988. № 11. С. 7–9.
10. Encke O. Sandbodenmetioration mil schluffhaltigem See-schlamm // Feldwirtschaft. 1989. Bd. 30. № 5. S. 227–229.
11. Алексейко И.С., Широков В.А., Яременко А.А. Сапропели Приамурья: свойства, добыча и использование. Благовещенск: Дальнаука, ДВО ДОП РАН, 2003. 210 с.
12. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. С. 110–113.
13. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Под ред. А.И. Бусева. М.: МГУ, 1970. 487 с.
14. Качинский Н.А. Физика почвы. М.: Изд-во «Высшая школа», 1965. 324 с.
15. Костенков Н.М., Ознобихин В.И. Некоторые вопросы биологической рекультивации отвалов ликвидируемых угольных шахт в Приморском крае // Аграрная политика и технология производства сельскохозяйственной продукции в странах Азиатско-Тихоокеанского региона. Уссурийск: ПГСХА, 2002. С. 306–316.