

УДК 631.452(477.7)

**Ф. Н. Лисецкий**, д-р геогр. наук, проф.  
Белгородский государственный университет,  
кафедра природопользования и земельного кадастра  
ул. Победы 85, Белгород-15, 308015, Российская Федерация

## ИЗУЧЕНИЕ И ОЦЕНКА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В КАЧЕСТВЕ УДОБРЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ ПОБЕРЕЖЬЕ ЧЕРНОГО МОРЯ

Представлены результаты изучения физико-химических свойств донных отложений 14 водоемов Северо-Западного Причерноморья. По результатам полевых опытов определены возможности сельскохозяйственного использования некоторых донных отложений для повышения плодородия малопродуктивных земель.

**Ключевые слова:** Причерноморье, водоемы, пашня, удобрения, донные отложения, органика.

### Введение

Проблемы, связанные с дегумификацией пахотных почв при постоянном дефиците необходимых для внесения органических удобрений, несбалансированностью соотношений макро- и микроэлементов на значительных площадях пашни, обуславливают значительный интерес к возможности использования донных отложений пресноводных и солоноватоводных водоемов в качестве удобрений на сельскохозяйственных угодьях. Представляя собой во многих случаях высокоэффективный мелиорант, донные отложения могут использоваться также для приготовления различных удобрений: органо-минеральных, компостов, в том числе с помощью вермикултуры (дождевых червей), известковых и др. В этой связи тема статьи является *актуальной*.

Нами поставлена *главная задача* работы – провести сравнительный анализ донных отложений водоемов Северо-Западного Причерноморья различного типа, таких как пруды, озера, лиманы (рис. 1). Для достижения этой цели были решены такие *основные задачи*: 1 – характеристика поверхностного слоя донных отложений прудов и озер; 2 – мелиоративная способность донных отложений прудов и озер; 3 – оценка влияния илов Днепровского и Бугского лиманов. *Объектом* исследований являются пруды, озера и лиманы Северного Причерноморья. *Предметом* исследований является определение пригодности донных отложений озер, прудов и лиманов как средства мелиорации почв и увеличения урожайности.

Рост урожайности сельскохозяйственных культур является постоянной задачей хозяйств любых стран и территорий. Применение естественных удобрений повышает качество продукции и способствует сохранению плодородия почв. Поэтому данную статью надо признать имеющей важное *практическое значение*. В то же время текущие наблюдения и оценки эффективности влияния донных отложений на состояние почв и урожайность культур позволяют усовершенствовать теорию почвоведения и сельскохозяйственного производства. Как следствие, статья имеет важное *теоретическое значение*.

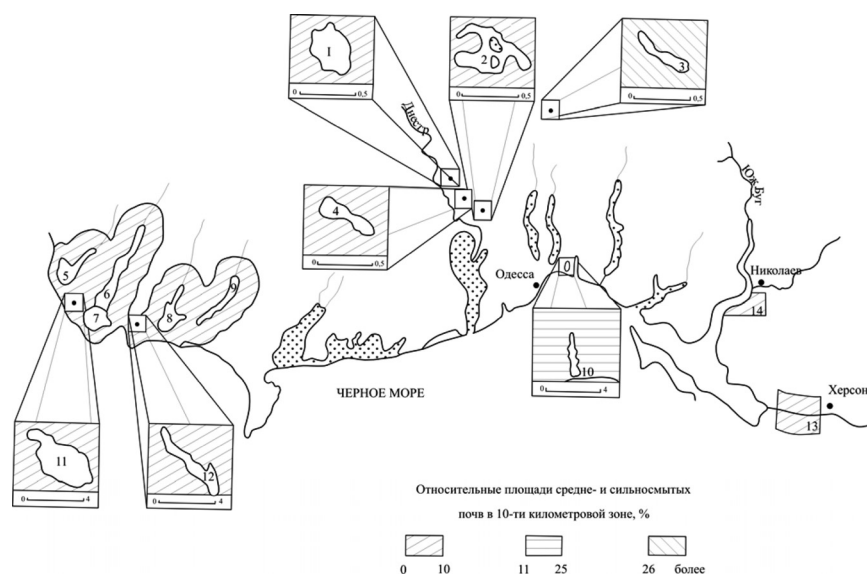


Рис. 1 Схема размещения изученных водоемов Северо-Западного Причерноморья и эродированности почвенного покрова близлежащих территорий. Нумерация соответствует таблице 1: № 3 – Краснознаменский пруд; № 13 – Херсонский подходной канал. Штриховкой показаны относительные площади средне- и сильноэродированных почв в 10-километровой зоне, %

### Материалы и методы исследований

На объектах, представленных на рис. 1, рассчитывались точки пробоотбора. Пробы донных отложений отбирали буром до глубины, как правило, 3–4 м. Гранулометрический анализ и химико-аналитические определения проводили общепринятыми методами (табл. 1). Грунты по гранулометрическому составу названы по классификации В. В. Охотина.

Для донных отложений тех водоемов, в которых проводились дноуглубительные работы, была поставлена в 1987–1991 гг. серия полевых мелкоделяночных опытов. В них оценивали эффективность донных отложений в повышении урожая зерновых культур (ячмень и пшеница) на эродированных черноземах (табл. 2, 3). Несмотря на значительные различия в массе почвы и мелиорантов (при внесении в пахотный горизонт средних доз отношение мелиоранта к почве составляет 1:28–35) выбор технологии внесения донных отложений может существенно влиять на физико-химические эффекты взаимодействия с органоминеральной частью почвы. Поэтому при определении вариантов мелкоделяночных полевых опытов моделировали условия, характеризующие две основные технологии производства удобрений, обычно применяемых в практике добычи сапропелей [6]. По первому способу, связанному с намывом иловой гидромассы непосредственно на поля, заделывали в пахотный горизонт пульпу в количестве, эквивалентном дозе варианта опыта из расчета на сухое вещество. Технологию, рассчитанную на получение товарной продукции мелиоранта в виде мелкой крошки, имитировали путем внесения сухой крошки с диаметром структурных отдельностей до 10 мм.

### Результаты исследований и их анализ

Мощность донных отложений составляла в большинстве изученных водоемов, как правило, 3,5–5,2 м, в озерах Кагул и Катлабух достигала 6 м, а в озере Ялпуг – до 7,3 м. Судя по эродированности почвенного покрова (см. рис. 1), поверхностный смыл играл заметную роль в формировании донных отложений озер Ялпуг, Кагул и Китай. В их прибрежной зоне шириной 10 км площади средне- и сильносмытых почв составляют 7,1; 3,5 и 0,5 тыс. га соответственно.

Таблица 1

Содержание карбонатов и металлов (мг/кг) в илах водоемов  
Северо-Западного Причерноморья

№ п/п	Название озера, лимана	Мощн. илов, м	Глубина отбора, м	CaCO <sub>3</sub>	Pb	Be	Cu	Zn	Ni	Co	Mn	Cr	V	Ti	Mo
1	Драган	4,0	3,0	10,5	8	1,5	12	100	-	5	400	63	80	3200	1,2
			3,0-4,0	0	-	2	32	-	40	6,3	-	80	100	-	2,5
2	Белое	4,0	1,5-2,0	9,1	12	-	-	100	-	10	630	150	-	5000	1,5
			3,5-3,8	51,8	-	1,5	15	-	20	8	500	100	80	-	1,0
3	Краснозна- менский пруд	3,0	0,2	2,8	15	2,5	32	-	63	10	800	250	100	-	2,0
			2,4-3,0	8,4	-	-	40	-	50	-	-	80	-	-	1,5
4	Погорелое	4,5	2,0	13,2	10	1,2	15	-	-	-	630	-	63	3200	1,2
			3,0-3,5	8,6	-	1,5	32	-	40	6,3	-	150	80	-	1,5
			4,5	25,9	-	-	-	-	50	8	-	-	100	4000	1,0
5	Кагул	6,0	3,5-4,5	13,6	20	2	25	80	-	12	-	100	-	-	1,5
			4,0-5,5	23,6	15	-	-	-	25	8	-	50	-	5000	1,5
6	Ялпуг	7,3	2,1-2,6	5,9	-	2,5	32	80	50	12	-	120	120	-	-
			3,0-4,0	6,1	20	2	25	100	32	10	-	100	100	4000	-
			5,0-6,0	8,9	15	2,5	32	80	50	12	-	-	-	5000	-
			6,0-7,0	10,5	-	1,5	20	-	-	-	-	80	80	4000	-
7	Кутурлуй	6,2	2,5	12,7	20	2,5	32	80	50	12	-	100	100	5000	1,2
			3,0-4,0	13,6	-	-	-	-	40	-	-	-	-	4000	-
			3,5-4,5	10,5	-	2,0	-	100	-	10	-	-	-	5000	1,5
8	Катлабух	5,6	2,5-3,5	9,3	-	2,5	-	80	-	12	-	-	-	4000	1,2
			3,0-4,0	8,9	-	-	-	-	50	-	-	-	-	5000	1,5
9	Китай	4,4	2,5-3,5	21,6	-	2	-	-	40	10	-	-	-	4000	1,2
			3,0-4,0	15,7	15	2,5	-	-	-	12	-	-	-	5000	1,5
10	Бол. Аджалыкский лиман	-	1,7-2,5	3,9	20	2	32	100	40	10	800	120	100	5000	1,0
			2,5-3,0	5,5	15	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-

Окончание таблицы 1

№ п/п	Название озера, лимана	Мощн. илов, м	Глубина отбора, м	CaCO <sub>3</sub>	Pb	Be	Cu	Zn	Ni	Co	Mn	Cr	V	Ti	Mo
11	Картал	3,7	2,0-3,0	7,7	20	2,5	-	80	50	12	630	-	-	-	1,5
12	Софьян	4,6	3,0-4,0	21,6	15	2	25	-	32	8	-	80	80	-	1,2
Уровень ПДК в почве					100	10	100	300	100	50	-	100	50	5000	5

Наибольшей эродированностью почвенного покрова характеризуется водосбор Краснознаменского пруда: средне- и сильноэродированные почвы занимают 61% площади 10-километровой зоны в его окружении. Это в значительной мере определило формирование 20 тыс. т легкогоглинистого ила (в толще донных отложений мощностью до 1,7 м).

В Придунайских озерах донные отложения по гранулометрическому составу представляли собой пылеватую глину и лишь в озерах Кагул, Кугурлуй и на глубине 3–4 м в озерах Катлабух и Ялпуг это пылеватый средний суглинок. Донные отложения озер в пойме р. Днестр (Белое, Погорелое) имеют облегченный гранулометрический состав – легкосуглинистый (при содержании физического песка (частиц более 0,01 мм) – 71–76%).

Таблица 2

Характеристика почв и мелиорантов, использованных в мелкоделяночных опытах

Варианты опыта: П – почва (контроль); П+М – почва+мелиорант	Содержание, %		рН вод.	Сумма солей, %	Поглощенные основания, мг-экв/100 г		
	орган. вещ-ва	CaCO <sub>3</sub>			Ca	Mg	Na
Краснознаменский пруд							
П: чернозем обыкновенный среднесмытый, 0-20 см	3,08	3,87	7,9	0,076	27,8	6,4	2,5
П+М: ил, 0-20 см	2,54	2,84	7,9	0,140	13,5	7,5	3,9
П+М: ил, 2,4-3,0 см	3,43	6,80	7,8	0,357	-	-	-
П+М: навоз свиной	9,69	-	-	-	-	-	-
Бугский лиман (Николаевский морской порт)							
П: чернозем южный средне-смытый, 0-20 см	2,25	6,01	7,8	0,092	17,6	5,2	0,4
П+М: ил, 0-20 см	6,94	10,24	7,6	2,296	-	-	-
Бол. Аджалыкский лиман							
П: чернозем южный средне-смытый, 0-20 см	2,26	0	7,3	0,039	17,9	5,4	3,2
П+М: ил, 0-20 см	2,16	3,18	7,9	0,204	18,2	5,6	1,2
Днепровско-Бугский лиман (нулевой километр Херсонского морского канала)							
П: чернозем южный сильно-смытый, 0-20 см	2,04	12,96	7,8	0,060	18,9	3,9	2,9
П+М: ил, 0-20 см	2,65	4,32	7,5	0,960	20,5	5,5	5,0
Днепровско-Бугский лиман (лиманная часть Херсонского морского канала)							
П: чернозем южный средне-смытый, 0-20 см	2,25	6,01	7,8	0,092	17,6	5,2	0,4
П+М: ил, 0-20 см	5,58	2,57	8,0	3,316	27,6	16,0	35,0

Таблица 3

**Мелиоративная эффективность донных отложений водоемов  
Северо-Западного Причерноморья (по результатам мелкоделяночных опытов)**

Варианты опытов по внесению мелиорантов	Показатель относительной продуктивности, %*	
	по общей фитомассе	по зерну
<b>Краснознаменский пруд. Яровой ячмень Одесский-82</b>		
ил (пульпа) 10 т/га	55	-
ил (пульпа) 40 т/га	244	-
ил (пульпа) 40 т/га + навоз 40 т/га	566	-
ил (пульпа) 100 т/га	537	-
ил 40 т/га + навоз 40 т/га + солома 10 т/га	173	-
ил (крошка) 40 т/га	65	-
<b>Николаевский морской порт. Яровой ячмень Одесский 82</b>		
ил (пульпа) 30 т/га	104	-
ил (крошка) 30 т/га	62	-
ил (пульпа) 15 т/га + навоз 15 т/га	121	-
<b>Бол. Аджалыкский лиман. Озимая пшеница Одесская-83 и яровой ячмень Одесский-82 (среднее)</b>		
ил (пульпа) 10 т/га	130	-
ил (пульпа) 40 т/га	214	-
ил 10 т/га + навоз 10 т/га	179	-
<b>Нулевой километр Херсонского морского канала. Яровой ячмень Одесский-82</b>		
ил (пульпа) 40 т/га	157	380
навоз 40 т/га	321	1810
ил (пульпа) 100 т/га	186	1090
ил 40 т/га + навоз 40 т/га + солома 10 т/га	321	1830
ил 40 т/га + навоз 40 т/га	319	1830
ил (крошка) 40 т/га	157	400
ил (пульпа) 100 т/га	182	
<b>Лиманная часть Херсонского морского канала. Озимая пшеница Одесская-83</b>		
ил 40 т/га	77	71
навоз 40 т/га	89	77
ил 80 т/га	73	60
ил 40 т/га + навоз 40 т/га	85	70

\* Контроль — почва без внесения мелиоранта (ее уровень продуктивности принят за 100%).

Донные отложения большинства водоемов относятся к кремнеземистому типу, т. к. содержат 50,1–54,6% оксида кремния. Содержание CaCO<sub>3</sub> колебалось в пределах 6–16%, достигая 22–26% на глубине 3–4 м (оз. Сафьян), 2,5–3,5 м (оз. Китай), 4,5 м (оз. Погорелое) и 4,0–5,5 м (оз. Кагул). Рассчитанный по данным табл. 1 коэффициент накопления микроэлементов (коэффициент Шоу), определяемый по соотношению химических элементов в объекте и литосфере [1], составляет 0,92. Однако по содержанию цинка и особенно — молибдена донные отложения водоемов Причерноморья могут рассматриваться как природная

система с аккумуляцией этих микроэлементов. На наш взгляд, для проведения агрохозяйственных оценок более корректно сопоставление содержания микроэлементов в донных отложениях не с донными отложениями, а с наземной почвой. В частности, результаты расчетов коэффициента Шоу относительно фоновых значений содержания микроэлементов в гумусоаккумулятивных горизонтах зональных почв Степи Причерноморья [5] позволяют рассматривать донные отложения как системы, отличающиеся концентрацией ряда микроэлементов (Cu, Co, Mo, Mn, Zn и др.). Важно отметить при этом, что сопоставление с ПДК химических элементов в почве (см. табл. 1) свидетельствует о медико-биологической безопасности применения донных отложений в качестве мелиоранта.

Мелиоративный эффект донных отложений причерноморских водоемов, характеризующихся, в отличие от сапропелей, невысоким содержанием органического вещества (от 2,2 до 6,9%, в среднем – 3%), связан преимущественно с оптимизацией микроэлементного потенциала эродированных почв, которые отличаются пониженным содержанием элементов биологического накопления (B, Mn, Ni, Cu, Mo) [2]. Анализ результатов водной вытяжки (см. табл. 2) позволяет по содержанию сухого остатка (%) выделить несколько типов донных отложений. В пресноводных водоемах (таких, например, как Краснознаменский пруд) отмечается наименьшее содержание солей: от 0,084–0,151% в слое 0–0,2 м до 0,357% на глубине 2,4–3,0 м. В лиманах закрытого типа (Большой Аджалыкский) засоленность донных отложений увеличивается: в слое 0–0,2 м – 0,204% при существенной доле поглощенного натрия в обменном комплексе – до 1,25 мг-экв на 100 г. Еще выше степень засоленности донных отложений отмечена для Днепровского лимана, в частности на нулевом километре судоходного подходного канала к Херсонскому морскому порту.

Донные грунты в этом районе, по сумме солей в слое 0–0,2 м (0,960%), сопоставимы с сильнозасоленными почвами, причем доля поглощенного натрия возрастает до 5 мг-экв на 100 г. По анионному составу засоление грунтов хлоридно-сульфатное, по катионному – кальциево-магниевое. К сильно засоленным донным отложениям относятся и илы Бугского лимана: сумма солей равна 2,30%. Причем концентрация токсичных солей достигает 59,4 мг-экв на 100 г. Тип засоления по анионному составу – хлоридный, по катионному – магниевонатриевый. Наибольшая степень засоления определена для донных отложений, полученных с глубины 8 м лиманной части Херсонского морского канала: здесь в слое 0–0,3 м сумма солей достигает 3,316%, по анионному составу засоление сульфатно-хлоридное, по катионному – кальциево-натриевое.

Следует заметить, что в инактивации токсичных солей значительную роль могут сыграть карбонаты кальция, содержащиеся в донных отложениях в виде раковинного детрита [3]. За исключением Краснознаменского пруда, где в отдельных пробах содержание  $\text{CaCO}_3$  достигало 22% (в прибрежной зоне), для остальных объектов, использованных в полевых опытах, содержание карбонатов кальция в донных отложениях лиманов варьировало от 2,57% (лиманная часть Херсонского канала) до 4,32% (на нулевом километре этого же канала). Определенное своеобразие в содержании карбонатов кальция отмечено для ила Бугского лимана: здесь его количество достигало 10,24%.

Полевые опыты с донными отложениями пресноводных водоемов (оценивали мелиоративную эффективность илов Краснознаменского пруда) показывают, что оптимальный вариант – внесение ило-навозного компоста (по 40 т/га каждого компонента) в условиях оптимального увлажнения позволяет повысить

продуктивность урожаев в 3 раза по сравнению с уровнем, характеризующим среднесмытые обыкновенные черноземы (см. табл. 3). Близка по эффективности к этому варианту доза внесения ила 100 т/га. В мелкоделяночном опыте 1987–1988 гг., когда условия увлажнения вегетационного периода были близки к норме, наибольший урожай озимой пшеницы достигался при внесении в почву 100 т/га ила. Таким образом, применение высоких доз донных отложений пресноводных водоемов (до 100 т/га из расчета на сухое вещество) в качестве удобрений на эродированных почвах характеризуется отсутствием лимитирующих факторов в вещественном составе мелиоранта. Однако применение должно контролироваться сельскохозяйственными нормативами при оценке качества получаемой сельскохозяйственной продукции.

Илы с большей степенью засоления, характерные для лиманов на побережье Черного моря, с сезонным поступлением речного стока (Большой Аджалыкский), оказывали оптимальный мелиоративный эффект на черноземах южных остаточно-солонцеватых среднесмытых при меньших дозах внесения (см. табл. 3). Так, в частности, по результатам мелкоделяночных опытов урожай озимой пшеницы и ярового ячменя в наибольшей степени увеличивался при внесении 4 т/га ила. Эффективность же более высоких доз (до 100 т/га) может быть достигнута более экономичным способом — применением ило-навозного компоста (по 10 т/га каждого компонента).

Лиманы Причерноморья по типу солености их вод подразделяются на 4 типа [4]. Днепровско-Бугский лиман относится к олигогалинному типу, хотя соленость его воды колеблется от 0,45‰ в авандельте до 16‰ на выходе в море. Для лиманных отложений Северного Причерноморья степень их засоления не может считаться единственным критерием оценки их пригодности для повышения плодородия малопродуктивных земель. В этом отношении показательны результаты опыта с илами Бугского лимана. Эти отложения имеют 6,94% органического вещества, 0,49% валового азота при значительном участии карбонатного ракушечного детрита. Их отличает благоприятное сочетание подвижных (доступных растениям) форм азота, фосфора и калия: степень обеспеченности легко гидролизуемым азотом — средняя (5,04 мг/100 г по Тюрину и Кононовой), подвижным фосфором — повышенная (3,75 мг/100 г по Мачигину в модификации ЦИНАО), подвижным калием — очень высокая (184 мг/100 г). При внесении ило-навозного компоста (по 15 т/га) в пахотный горизонт южного чернозема отмечено повышение продуктивности на 20% (см. табл. 3). Причем ил, внесенный в виде пульпы, имел существенные преимущества по сравнению с крошкой, что, вероятнее всего, связано с более быстрой его ассимиляцией и более активным взаимодействием с почвой.

### Выводы

1. По влиянию на продуктивность сельскохозяйственных культур существенно различаются грунты Днепровского лимана. В оценке их пригодности, помимо различий в степени засоления, особенно важен анализ солевого состава. В частности, в направлении от лиманной части Херсонского морского канала к устью Днепра отношение анионов  $\text{Cl}$  к  $\text{SO}_4^{2-}$  меняется от 1,9 до 0,7. Примечательно, что закономерность изменения состава легкорастворимых солей от сульфатно-хлоридного к хлоридно-сульфатному наблюдается на рекультивированных отвалах морских грунтов через 2,5–3 года после их выемки.

2. Результаты вегетационного опыта с илом, отобраным на нулевом километре Херсонского судоходного канала, показывают, что при оптимальном увлажнении значительный мелиоративный эффект на черноземе южном сильно-смытом обеспечивают не только традиционные виды органических удобрений (навоз), но и ило-навозный компост (по 40 т/га). Это, в условиях дефицита органики, определяет перспективность применения донных отложений такого типа в качестве мелиоранта на малопродуктивных угодьях.

3. Сильнозасоленные илы хлоридного типа засоления снижали урожай зерновых культур в разных вариантах опыта на 23–40% (см. табл. 3). Для грунтов, непригодных в качестве мелиорантов, но дампинг которых в акватории Черного моря имеет экологические ограничения, целесообразна разработка технологий несельскохозяйственной утилизации (производство строительных материалов, керамики и т. п.).

### Литература

1. *Авессаломова И. А.* Геохимические показатели при изучении ландшафтов. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – 107 с.
2. *Данилов Н. И.* Микроэлементы в эродированных и делювиальных почвах Молдавии // Изменение почв под влиянием антропогенных факторов: Сб. научн. тр. – Кишинев: Штиинца, 1987. – С. 70–75.
3. *Крейда Н. А., Арзуманян Т. Ю.* Особенности почвообразования на отвалах морских грунтов Северного Причерноморья // Биология и агротехника полевых культур в условиях интенсивного сельскохозяйственного производства: Сб. научн. тр. – Одесса: Маяк, 1985. – С. 12–16.
4. *Лиманно-устьевые комплексы Причерноморья: географические основы хозяйственного освоения* / Под ред. Г. И. Швевса. – Ленинград: Наука, 1988. – 304 с.
5. *Микроэлементы в почвах Советского Союза: Сб. научн. тр.* – М.: Изд-во МГУ, 1973. – Вып. 1. – 281 с.
6. *Хохлов В. И.* Современное состояние добычи и использования сапропеля на удобрения: Обзорная информация. – Москва: Знание, 1991. – 60 с.

### **Ф. М. Лісецький**

Белгородський державний університет,  
кафедра природокористування та земельного кадастру  
вул. Перемоги, 85, Белгород-15, 308015, Російська Федерація

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОЦІНКА ДОННИХ ВІДКЛАДІВ ЯК ДОБРІВ НА ПІВНІЧНОМУ УЗБЕРЕЖЖІ ЧОРНОГО МОРЯ**

#### **Резюме**

У статті викладені результати дослідження фізико-хімічних властивостей донних відкладень з 14 різних водойм на північному узбережжі Чорного моря. За результатами польових досліджень були визначені можливості сільськогосподарського використання деяких донних відкладень з метою підвищення родючості тих земель, які є непродуктивними.

**Ключові слова:** Причорномор'я, водойми, рілля, добрива, донні відклади, органіка.



**F. N. Lisetskiy**

Belgorod State University, Dept. Resources Usage & Land Cadastre,  
Pobeda St., 85, Belgorod-15, 380015, Russian Federation

**RESEARCH AND EVALUATION OF BOTTOM SEDIMENT AS FERTILIZER WITHIN  
NORTHERN COAST OF THE BLACK SEA**

**Summary**

The results of studying the physical and chemical properties of sediment 14 reservoirs Northwestern coast of Black Sea presented in the article. Prospects for agricultural use some sediment to improve the fertility of not productive lands determined on the results of field experiments.

**Keywords:** Black Sea coast, lakes, liman, land, fertilizer, bottom mud, organic.