

Айни ЛИНДПЕРЕ

ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ДОННЫХ ОСАДКОВ ОЗЕР ЭСТОНИИ

Состав донных осадков зависит от ландшафтных особенностей водосбора и лимнологических свойств водоема. Формирование осадков происходит из минеральных и органических взвесей под влиянием физических, химических и биологических процессов, происходящих в водоеме.

Особый интерес представляют формирование и состав верхней части отложений — пелогена, поскольку он участвует в круговороте веществ и оказывает влияние на химический состав воды. В данной статье дается краткий обзор содержания органического вещества, кремния, кальция, железа и алюминия в пелогене профундали разных по трофности озер Эстонии.

Материал и методика

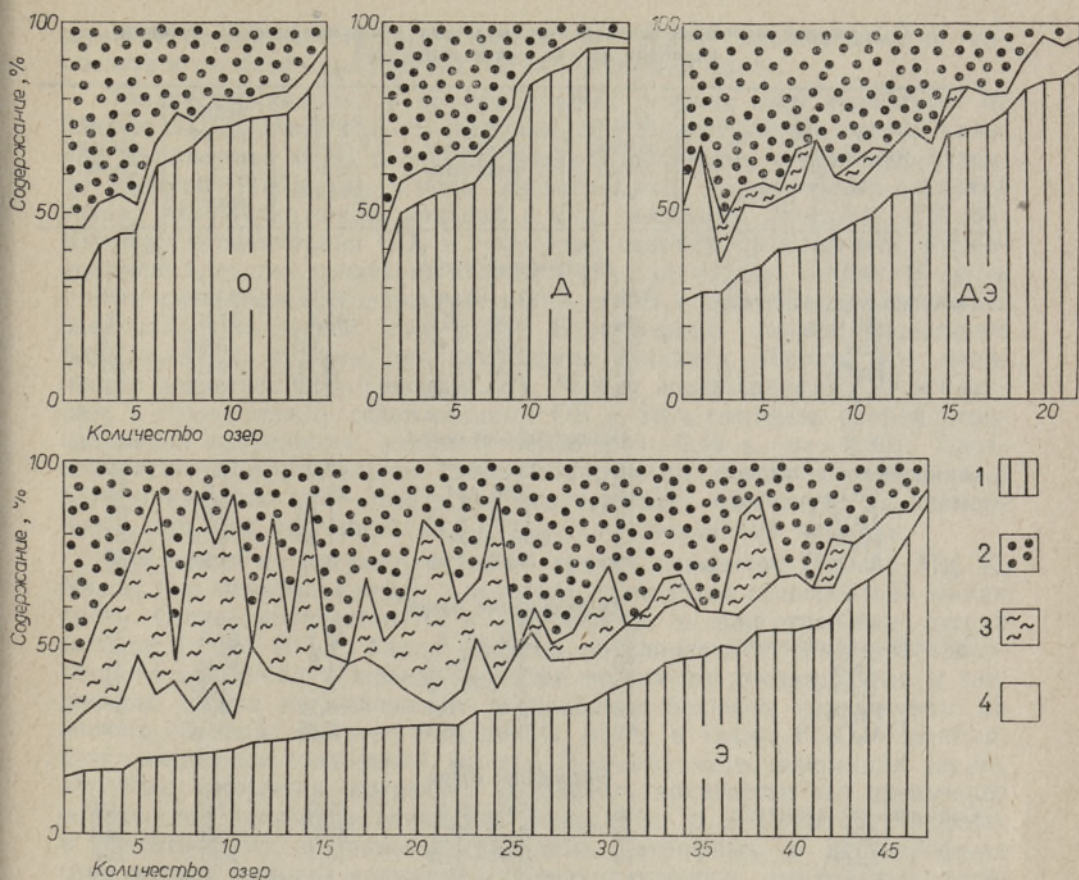
Исследованные озера (101) расположены рассеянно по всей территории республики. Они разные по площади, максимальной глубине, условиям проточности, характеру водосборной площади и многим другим признакам, что обуславливает неоднородность химических и биологических свойств водоемов. По трофности, определенной по А. Мязметсу (Mäemets, 1977), среди озер было 48 эвтрофных, 23 дисэвтрофных, 16 олиготрофных и 14 дистрофных. Список обследованных озер приведен в опубликованных нами ранее работах (Линдпере, Утсал, 1979; Линдпере, 1981).

Образцы для анализа донных отложений отбирались в глубоком месте озера из поверхностного (0—20 см) слоя в период с 1971 по 1978 г.

Химический анализ проведен по методике анализа торфа (Lindpere, 1963), по которой органическое вещество определяли по потере веса при прокаливании сухого образца при 500—550 °С. Золу обрабатывали смесью HCl+HNO₃. Из солянокислого раствора определяли Ca, Fe, Al, K и P. Нерастворимый в HCl остаток (SiO₂, SiO₂ глинистых минералов и полевые шпаты) определяли весовым методом. Содержание CaCO₃ вычисляли по CaO. Данные обрабатывались статистически по П. Ф. Рокицкому (1967).

Результаты

Согласно приведенным данным, преобладающими компонентами в химическом составе пелогена всех типов озер, кроме эвтрофных, являются органическое вещество (ОВ) и соединения кремния (рисунок). Доминирующим составным компонентом является ОВ. Среднее



Состав абсолютно сухих осадков профундали разных по трофности озер Эстонии. 1 — органическое вещество, 2 — SiO₂, 3 — CaCO₃ и 4 — прочие соединения. Тип озер: О — олиготрофный, Д — дистрофный, ДЭ — дисэвтрофный, Э — эвтрофный.

содержание его 50,7%, крайние значения 15,6 и 94,0% (таблица). Наиболее обогащены ОВ (70,7%) донные отложения дистрофных озер. Поскольку многие обследованные нами дистрофные озера расположены не на верхних болотах, а на окультуренных водосборах, приток в них терригенного силикатного материала иногда значителен (рисунок, Д). В пелогене олиготрофных озер в среднем несколько меньше ОВ (62,0%), в пелогене дисэвтрофных озер — 57,7%. Относительно мало ОВ в пелогене эвтрофных озер: среднее содержание его в этих озерах (37,9%) статистически (при $P=0,05$) отличается от среднего для всех других озер.

Поскольку лимнические условия, а также свойства водосбора разных типов озер не одинаковы, формирующееся ОВ для каждого типа озер имеет свой специфический характер. В пелогене эвтрофных озер преобладает автохтонное ОВ планктонного или макрофитного происхождения. Формирование ОВ дистрофных озер происходит преимущественно под влиянием аллохтонных гумусовых веществ, а ОВ олиготрофных озер — на основе высшей водной растительности. Наиболее существенное влияние на формирование ОВ дисэвтрофных озер ока-

Содержание основных компонентов пелогена профундали озер Эстонии
(процент на абс. сухое вещество)

| Компонент | Количество образцов | Крайние величины | Арифметическое среднее | Среднеквадратичное отклонение | Коэффициент вариации, % |
|--------------------------------|---------------------|------------------|------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| Дистрофные озера | | | | | |
| Органическое вещество | 14 | 33,1—94,0 | 70,7 | 20,1 | 28 |
| SiO ₂ | 14 | 3,48—56,6 | 23,4 | 17,8 | 76 |
| CaO | 14 | 0,26—2,43 | 1,02 | 0,65 | 64 |
| Fe ₂ O ₃ | 14 | 0,08—2,11 | 0,71 | 0,61 | 86 |
| Al ₂ O ₃ | 14 | 0,39—5,62 | 2,61 | 1,95 | 75 |
| Олиготрофные озера | | | | | |
| Органическое вещество | 16 | 33,0—90,2 | 62,0 | 17,7 | 29 |
| SiO ₂ | 16 | 5,66—54,7 | 29,0 | 15,8 | 54 |
| CaO | 16 | 0,58—2,78 | 1,16 | 0,64 | 55 |
| Fe ₂ O ₃ | 15 | 0,59—3,09 | 1,38 | 0,79 | 57 |
| Al ₂ O ₃ | 16 | 0,88—7,58 | 3,82 | 1,90 | 50 |
| Дисэвтрофные озера | | | | | |
| Органическое вещество | 23 | 26,9—87,9 | 57,7 | 21,8 | 38 |
| SiO ₂ | 23 | 3,14—54,2 | 27,8 | 15,0 | 54 |
| CaO | 23 | 0,70—6,50 | 2,51 | 1,32 | 53 |
| Fe ₂ O ₃ | 23 | 0,48—15,4 | 3,72 | 3,49 | 94 |
| Al ₂ O ₃ | 19 | 0,45—16,3 | 3,85 | 3,51 | 91 |
| Эвтрофные озера | | | | | |
| Органическое вещество | 48 | 15,6—88,3 | 37,9 | 17,2 | 45 |
| SiO ₂ | 48 | 8,02—55,2 | 30,6 | 15,9 | 52 |
| CaO | 48 | 0,61—34,2 | 10,4 | 10,5 | 101 |
| Fe ₂ O ₃ | 47 | 0,50—18,3 | 4,75 | 3,57 | 75 |
| Al ₂ O ₃ | 34 | 0,67—11,1 | 4,47 | 2,35 | 52 |
| Всего | | | | | |
| Органическое вещество | 101 | 15,6—94,0 | 50,7 | 22,4 | 44 |
| SiO ₂ | 101 | 3,1—56,6 | 29,0 | 15,6 | 54 |
| CaO | 101 | 0,26—34,2 | 5,84 | 8,19 | 140 |
| Fe ₂ O ₃ | 100 | 0,08—18,3 | 3,51 | 3,46 | 98 |
| Al ₂ O ₃ | 82 | 0,34—16,3 | 3,96 | 2,54 | 64 |

зывает развитие фитопланктона и макрофитов в самих озерах, а также приток ОВ с водосбора. Из минеральных компонентов преобладает SiO₂. Количество его варьирует также в широких пределах (таблица). Как видно по рисунку, в осадках многих озер его содержится нередко больше, чем ОВ. Статистический анализ показал, что по содержанию SiO₂ в пелогене озера Эстонии следует считать однородными.

Между содержанием SiO₂ и содержанием ОВ в мягководных озерах обнаружена тесная линейная отрицательная корреляция ($r = -1,0$). Чем меньше в осадке ОВ, тем больше доля соединений кремния в нем и наоборот. Соответствующая зависимость хорошо прослеживается на рисунке, где ход кривой изменения содержания SiO₂ в олиготрофных и дистрофных озерах практически полностью согласуется с кривой распределения ОВ в этих же озерах. Ранее нами было установлено (Линдпере, Утсал, 1979), что из соединений кремния в пелогене олиготрофных, дистрофных, а также мягководных дисэвтрофных и мягководных эвтрофных озер больше всего содержится кварца — до 100%

минералогического состава пелогена. На долю полевых шпатов, гидростлюд и хлоритов приходится гораздо меньшая часть.

Количество кальция в профундальных осадках озер колеблется от 0,26 до 34,2% (таблица). В дистрофных и олиготрофных озерах кальция накапливается мало, в дисэвтрофных и эвтрофных озерах существенно больше (таблица). Среди дисэвтрофных и эвтрофных имеются озера, аккумулирующие кальций в виде кальцита (рисунок ДЭ, Э). Высокая концентрация CO_2 и гумусовых веществ препятствует формированию больших количеств кальцита в дисэвтрофных озерах. В связи с этим связь между содержанием SiO_2 и ОВ в пелогене дисэвтрофных озер оказалась тесной ($r = -0,83$). В эвтрофных озерах существуют благоприятные условия для накопления кальцита. Иногда его количество достигает 60% (рисунок, Э). Между содержаниями ОВ и кальция, а также между содержаниями ОВ и SiO_2 отмечена слабая отрицательная корреляция (соответственно $r = -0,46$ и $r = -0,35$). Средней тесноты отрицательная связь обнаружена между содержаниями SiO_2 и кальция ($r = -0,62$); это подтверждает известную закономерность, что там, где много кальцита, мало соединений кремния.

Как видно по рисунку, на долю прочих элементов (Fe, Al, Mg, K, Na, S, P и микроэлементы) в пелогене приходится относительно малая часть. Общее количество их в дистрофных и олиготрофных озерах меньше (ниже 10%). Такая разница обусловлена в основном содержанием алюминия и железа, которые во многих дисэвтрофных и эвтрофных озерах накапливаются в довольно больших количествах: во многих образцах найдено больше 5% Al_2O_3 , а также Fe_2O_3 . Преобладают аморфные соединения железа. Большая часть алюминия также, вероятно, аморфная, поскольку по расчету количество его превышает содержание алюминия глинистых минералов. В пелогене дистрофных и олиготрофных, а также мягководных эвтрофных и дисэвтрофных озер железа мало — меньше 3%. Следует отметить, что в большинстве случаев в озерах, аккумулирующих кальцит, существуют более благоприятные условия для накопления значительных количеств железа (Линдпере, 1981). Однако между содержаниями железа и кальция положительная корреляция не обнаружена.

Из сказанного следует, что озера Эстонии характеризуются накоплением ОВ и терригенного кремнезема. Широко распространено накопление кальцита. Преобладает хемогенный тип его формирования (Стараст, 1970, 1973; Lindpere, Starast, 1977). Нередко в озерах накапливаются довольно значительные количества алюминия и железа. По составу и встречаемости обследованные донные отложения озер Эстонии можно разделить на четыре группы.

Наиболее широко распространены осадки, состоящие главным образом из ОВ и кремнезема. Такой тип (органо-силикатный) отложения характерен для олиготрофных, дистрофных, а также для мягководных эвтрофных и мягководных дисэвтрофных озер.

Довольно распространены также осадки, основными компонентами которых являются ОВ, соединения кремния, кальцит, аморфные соединения железа и алюминия. Они характерны для многих жестководных эвтрофных и жестководных дисэвтрофных озер.

Обогащенные органическими веществами карбонатно-силикатные отложения формируются главным образом в нескольких жестководных эвтрофных озерах.

В редких случаях встречаются осадки, состоящие почти полностью из ОВ, соединений кремния, аморфных соединений железа и алюминия.

ЛИТЕРАТУРА

- Линдпере А. О накоплении железа в разнотипных озерах Эстонии. — Изв. АН ЭССР. Биол., 1981, 30, 246—252.
- Линдпере А., Утсал К. Рентгендифрактометрическое исследование пелогена профундали озер Эстонии. — Изв. АН ЭССР. Биол., 1979, 28, 137—147.
- Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика. Минск, 1967.
- Стараст Х. А. О карбонатном равновесии в озере Выртсъярв. Режим озера. — Тр. Всесоюзного симпозиума. 1970, 1, 118—126.
- Стараст Х. А. Равновесие двуокиси углерода воды озера Выртсъярв с атмосферой. — В кн.: Лимнология Северо-Запада СССР. Таллин, 1973, 3, 3—51.
- Lindpere, A. Anorgaaniliste komponentide määramine turvasmullas. — ENSV TA Toim. Biol., 1963, 12, 81—91.
- Lindpere, A., Starast, H. Saadjärve pindmise settekihi keemiline ja mineraloogiline koostis. — ENSV TA Toim. Biol., 1977, 26, 255—232.
- Mäemets, A. Eesti NSV järved ja nende kaitse. Tln., 1977.

Институт зоологии и ботаники
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
26/XII 1980

Aini LINDPERE

EESTI JÄRVEDE PROFUNDAALI SETETE PEAMISED KOOSTISOSAD

On uuritud orgaanilise aine, räni, kaltsiumi, raua ja alumiiniumi akumulatsiooni 101 järve setetes. Düstroofsete, oligotroofsete ja düseutroofsete järvede profundaali pelogeen koosneb valdavalt orgaanilisest ainest ja räniühendest. Tüüpilistes eutroofsetes järvedes on soodsad tingimused kaltsiidi akumulatsiooniks. Nende järvede pelogeen on kaltsiumi poolest rikkaim ja orgaanilise aine poolest vaesim. Düseutroofsete ja eutroofsete järvede setetes on alumiiniumi- ja rauasisaldus sagedasti suur.

Aini LINDPERE

MAJOR CHEMICAL COMPONENTS OF PROFUNDAL SEDIMENTS IN ESTONIAN LAKES

Profundal sediment samples from 101 Estonian lakes of different trophic types were analysed for organic matter, SiO₂, aluminium, iron and calcium. The major chemical sediment components of dystrophic, oligotrophic and dyseutrophic lakes are organic matter and SiO₂. In eutrophic lakes the conditions for an accumulation of CaCO₃ (Fig.) are favourable. In these lakes, the content of sediment calcium is the highest, and that of organic matter the lowest. The sediments of dyseutrophic and eutrophic lakes are enriched in iron as compared with the sediments of dystrophic or oligotrophic lakes (Table).