

ЕСТЕСТВЕННЫЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОЛОНЦЕВАНИЯ НА БОЛЬШОЙ НИЗМЕННОСТИ

М. АНДО

Введение

Солончаковые почвы и солончаковые озёра на Большой низменности находятся, главным образом, между Дунаем и Тисой, а также на отложениях, созданных их притоками. В то время, как в системе насоса (в частности, между Дунаем и Тисой) аккумуляровался осадок, содержащий много карбоната кальция, в осадке, созданном Тисой (большой частью, на кислых осадках, состоящих из вулканических извержений) произошёл процесс солонцевания с различным химическим содержанием. С одной стороны, в системе осадка двоякого происхождения находятся солончак, известково-содовые солончаковые почвы, с другой стороны солонец, т. е. почвы типа солодя (рис. 1.). Поверхность обеих солончаковых почв, в некоторых местах, покрывает так называемая аморфная кремневая кислота. Поэтому их поверхность голая и цвета похожи. Разница между ними, однако, в том, что если на поверхности солончаковой почвы самссадка соды, и это часто бывает, то в случае солонцеватой почвы этого никогда не бывает. Сабо (1861) уже больше ста лет назад установил эту существенную разницу. В солонцеватой почве типа солончака, известь и сода находится во всём сечении, а в почве типа солонца только в слое В и С. Для последнего типа почвы характерно, что под уровнем выщелачивания создались лимонитовые железные конкреции шариковой формы, и что сульфаты накапливаются внизу слоя В, т. е. под карбонатным слоем, и часто встречаются кристаллы гипса. (Трейц 1924, Арань 1956, Саболч 1961). Два типа солончаковой почвы подобны в том, что в их адсорбционных комплексах значение S_{10} —12% натрия. Отдельные типы, классификация которых основана на принципе генетики, была сделана Саболчем (1954), можно классифицировать и по их растительным покровам. Принимая во внимание классификацию почв Шигмонда, Мадяр (1930) указал на такие взаимозависимости. Определение классификации почвы, основанное на современной генетической основе, при помощи голофильных растительных ассоциаций, т. е. синеклогическую систематизацию объединений индикационного характера, произвёл Бодрогёзи (1962, 1965).

Специалисты более молодого поколения (Мате 1956, Саболч 1961), изучающие солонцевание, повторно подчеркнули то установление классиков исследования (Шигмонд 1923, Трейц 1924), что солонцевание, независимо от возникшего типа, произошло в периодически покрытых водой, т. е. насыщенных водой почвах. При освещении вопроса дальнейшим шагом вперёд было осознание роли биологических процессов, происходящих в почве. Муракёзи в своей книге, изданной уже в 1902 г., причины солонцевания объясняет биологическими процессами, происходящими в болотах. Это оригинальное правильное представ-

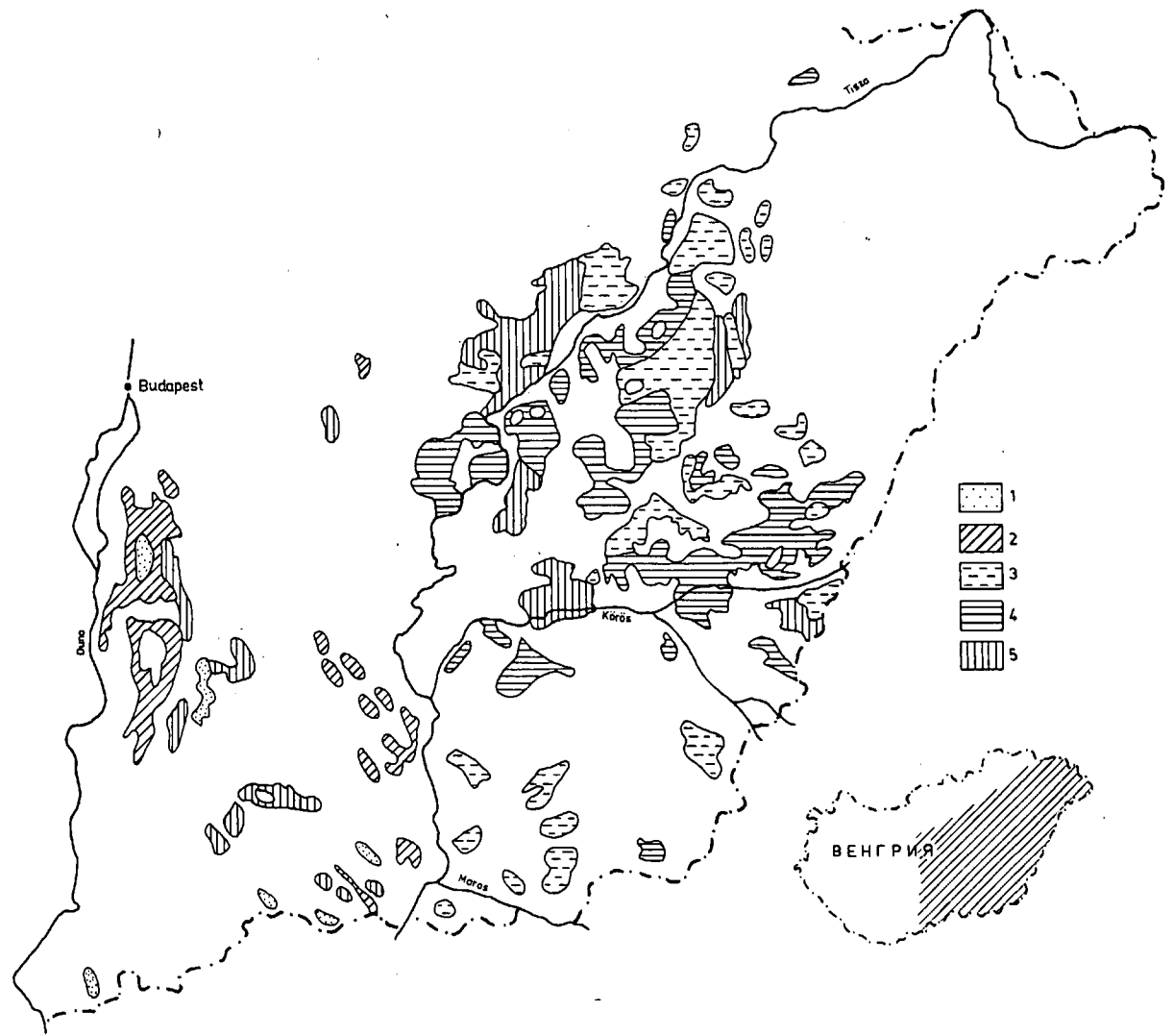


Рис. 1. Солончаковые территории Большой Низменности
1: солончак; 2: солончак-солонец; 3: луговой солонец; 4: лесостепной луговой солонец;
5: солонцевая луговая почва

ление, однако, не соответствовало установлениям Хилгарда (1894), изложенным в его книге, которая переведена и на венгерский язык, поэтому оно отодвинулось на задний план. Хилгард образование соды считал результатом неорганических химических процессов. По его мнению сода образуется в силу взаимодействия карбоната кальция и натриевой соли (поваренная соль, грауберова соль), которые находятся в почве. Тот факт, что сода не может возникнуть таким путём, Янош Ирини (1839) доказал уже гораздо раньше до рождения Хилгарда (Арань 1956), Гедроиц (1926) образование соды объясняет гидролитическим разложением комплексов натрия. По его мнению, сода создаётся из натрия, адсорбированного на коллоидных частицах под влиянием углекислоты. Последняя теория связана уже с кругообращением углерода, т. е. биологическими процессами. Выше упомянутые теории, однако, недостаточны как для приемлемого объяснения образования соды, так и образования солончаковых почв (Вамош 1955, Арань 1956, Ковда 1964).

Шигмонд (1923) считал причиной солонцевания аридный климат, периодическое покрытие водой и гидроизоляционный слой почвы. По его мнению солонцевание всегда имеет место при присутствии упомянутых трёх факторов. Трейц (1924) в своей книге кроме этих факторов подчеркнул и значение биологических процессов и поставил задачу изучения происходящих в иле и воде микробиологических процессов, главным образом, изучения кругообращения серы и натрия. Трейц уже в начале этого века говорил о значении редукции сульфата, ведущего к образованию соды. Что касается кругообращения азота, он установил возможность образования соды в результате реакции карбоната аммония и натриевых солей. В сущности, кроме признания процесса образования соды в почве Лебланка и Солваи, как и Гедроик, он тоже сослался на возможность образования соды при взаимодействии глиняных коллоидов натриевого содержания и углекислоты. Значение преобразования сернистых соединений в образовании солонцевания, позже всё больше признают и другие (Хермзен 1954, Штаркеи 1950, Йонсда 1964 и т. д.).

На нашей Низменности и в наши дни существуют солончаковые озера и болот большой пртяженности и есть такие территории, которые осушаются только в середине лета, а потому имеется возможность изучения процессов и изменений, которые происходят при водно-сухом периодах. Кроме того, на обеих территориях ведётся значительное выращивание риса и разведение рыб, и изучение проблем, возникающих в этих обеих отраслях хозяйства, а именно болезней растений и рыб почвенного происхождения (напр. гибель корней риса и массовой гибели рыбы в силу сероводорода и аммиака) вызвало необходимость признания изменений, происходящих на временно покрытых водой территориях, что в итоге означало исследование составных процессов солонцевания.

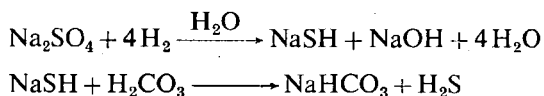
Изменения в почвах, покрытых водой

В залитых или насыщенных водой почвах весной, с повышением температуры начинается разложение органических веществ. При оптимальных условиях бактерии размножаются, их число увеличивается в несколько сот раз, и даже выше, чем в тысячу. Главные факторы их размножения: количество разлагаю-

шегося органического вещества, его качество и температура. По нашим исследованиям и опытам, обильный запас почвы в неорганическом и органическом азоте, также является фактором размножения бактерий. При благоприятных условиях размножение аэробных бактерий в логарифмической фазе сопровождается более обильным расходом азота. С исчезновением кислорода начинается редукция нитрата, а потом почти одновременно с ней начинается редукция марганца и железа, которая позже, при более низком редоксипотенциале сопровождается редукцией сульфата и фосфора (Поннамперума 1955, Вамош 1955, Токаи 1956). Так как раствор почвы содержит только несколько миллиграммов иона нитрата и фосфата, возникающие в почве изменения могут быть прежде всего результатом превращения обильных ионов сульфата и серы.

Изменения значения pH и редоксипотенциала (E_h), а также Fe^{2+} и Mn^{2+} в иле и воде рыбного водоёма, содержащего известь, и рисового поля, находящегося на кислом луговом солонце изображены на рис. 2 и 3. Редуктивные процессы связаны с разложением органического вещества. Электроны, образующиеся при бактериальном дыхании превращают восстанавливаемые окислы марганца и железа как рецепторы в ионы Mn^{2+} и Fe^{2+} . В анаэробных условиях органические вещества почвы и растительные остатки разлагаются с образованием органической кислоты и газа. Большое количество газа — метан и только меньшее количество — углерод, азот и водород. Жирные кислоты с короткими цепями, возникающие в ходе броидильного разложения используют не только восстановительные бактерии, но и бактерии метана. Под влиянием E_h начинается сильная редукция сульфата, ниже к которой энергию отчасти обеспечивает сжигание водорода, проведённое Клостридиумами. Источником энергии восстановителей сульфата может быть ещё этанол, молочная кислота, пивовиноградная кислота, но использовать искусственную кислоту они неспособны. Кроме использования водорода, восстановительные бактерии сульфата требуют ещё и органических соединений как источника углерода (Штаркей 1966).

Самое общее выражение редукции сульфата следующее:

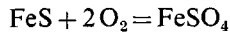


Значит, в результате редукции сульфата возникает бикарбонат натрия и водород. В результате вышесказанных процессов значение pH слоя воды возрастает, а ил вследствие бактериальных действий остаётся нейтральным. H_2S с ионами Fe^{2+} , находящимися в почве, а также некоторыми соединениями железа образует FeS . По нашим исследованиям в приблизительно нейтральном иле бактериальные редуктивные процессы являются сильными и тогда, когда в слое воды, pH которой выше 9,0, число бактерий вследствие щелочности уменьшалось до минимального.

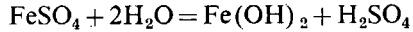
Большое уменьшение в воде бактерий, по нашему мнению, является следствием не только увеличения числа ионов OH^- , а может быть и следствием токсического влияния так называемого свободного аммония. Как установлено нами, неблагоприятное влияние свободного аммония проявляется и в отношении живущих в воде синих водорослей. Вследствие гибели во время цветения

воды водорослей и тин, т. е. вследствие дезаминаза их разлагающихся белков, количество свободного аммония и свободной может увеличиться. Вследствие таксикации аммония, как мы это наблюдали в течение долгих лет, в отдельных солончаковых озёрах нет рыбы. В этой стадии в иле верхнюю границу восстановительного слоя обеспечивает не потребление кислорода организмами аэробного слоя, толщина которого обычно несколько миллиметров, а окисление восстановительных веществ. Главным образом, в результате окисления сульфида железа поверхность приблизительно нейтрального ила от окислы железа получает характерный зелёно-коричневый цвет.

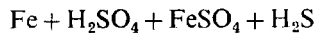
Количество сульфида ила в иле кислой почвы больше. Оно может достигать и 40—50% миллиграммов, а в известковой почве оно меньше 10% мг. Позже повышение уровня восстановления останавливается, а потом очень медленно падает. Там, где в до сих пор в восстановительном слое ила условия стали более аэробными, FeS окисляется.



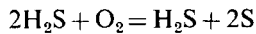
Полученный сульфат (II) железа гидролизует, вследствие чего образуется серная кислота и гидроксид железа:



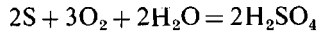
H₂SO₄ из своего окружения освобождает H₂S,



которое может дальше окисляться до образования элементарной серы.



Простое уравнение окисления серы, состоящего из нескольких ступеней, может быть записано следующим образом:



В микробиологическом окислении элементарной серы сульфатов и тиосульфатов могут действовать, главным образом, бактерии Тибба (*Thiobacillus* genus).

Это изменение, т. е. окисление сероводорода может возникать, с одной стороны во время покрытия водой, с другой при испарении или спуске воды.

Значит, во время покрытия водой в иле осуществляются восстановительные процессы, а во время сухого периода при аэробных условиях приведённые соединения окисляются. Однако, окисление в иле может начинаться ещё до осушивания или спуска воды, так, например, если с резким похолоданием слоя воды, количество кислорода увеличивается и вследствие этого поверхностный слой ила может окисляться.

В воде озера, однако, освобождение H₂S обычно начинается во время осеннего похолодания. Бывает, что этот процесс из-за неожиданно наступающей зимы происходит под ледяным покровом. Так как в таких случаях H₂S не могло удалиться в воздух, потому что слой воды не мог соприкасаться с атмосферой, окисление H₂S затянутае или вообще не происходит. Происходящее таким образом увеличение H₂S во многих случаях может вызвать полную гибель рыбы, например, в мёртвом рукаве Тисы, в озере Палич и в озерах Тата.

Итак, в процессе солонцевания, образования соды основным условием рассмотренного выше окислительно-восстановительного процесса является временное покрытие водой, т. е. водносухой период. Это предположение подтверждают факторы Шигмонда. В иле и воде почв, залитых водой, как мы видели, происходят одинаковые или приблизительно одинаковые процессы. Несмотря на одинаковые процессы, всё-таки возникли солончаковые почвы с неодинаковыми свойствами, которые характеризуются количественными различиями, т. е. пропорциями соединений в горизонте А и В. Из того, что на такой сравнительно маленькой территории, как Большая низменность и на её частях, находящихся на территориях соседних стран, под одинаковым влиянием климата возникли совсем отличные друг от друга солончаковые почвы, мы могли сделать вывод, что минеральный состав первоначальных наносов рек, т. е. содержание в нём извести могли влиять на действия вышеупомянутых процессов, которые создали солончаковые почвы и их многочисленные переходные виды.

Сложный процесс распространения солончаковых почв мы можем объяснить химическими процессами, происходящими в почве и в конечном счете приводящими к солонцеванию, только тогда, если не теряем из виду, что носитель и движущая сила этого процесса по существу — вода, причем как и грунтовая, так и оросительная вода. Между ними, однако, в большинстве случаев имеет место взаимовлияние. Вследствие орошения зеркало грунтовой воды поднимается. Если это достигает такой высокой степени, что грунтовая вода поднимается близко к самой поверхности почвы и капиллярным путем может подниматься, вследствие испарения и движения поднимающегося раствора, в верхних слоях почвы могут накапливаться соли, что неизбежно ведет к солонцеванию почвы. Также опасным является и то, что орошают такими водами, в которых количество солей — в том числе натриевой соли — значительное, так как в таких случаях растворенные в воде соли накапливаются на поверхности почвы, и раньше или позже происходит солонцевание почвы.

Таким упрощенным образом, ясно понятно, какие опасности угрожают почве на наших низменностях в случае орошения, и что является причиной этих опасностей. Ясно и то, что если при орошении наступает накопление соли, компенсировать его невозможно ни правильной агротехникой, ни сортовыми семенами, ни удобрением, ни другими правильными мероприятиями, более того, в случае солонцевания почвы и эти правильные мероприятия пропадут даром, т. е. станут бесполезными. Поэтому в таких природных условиях, которые господствуют на венгерской Низменности, из самых важных вопросов — изучить в какой степени, когда и почему возникает опасность солонцевания почвы в ходе развития орошения.

Насколько легко понять вышеупомянутую общую установку, настолько трудно определить на данном месте, в случае данного плана на какой глубине надо держать грунтовую воду, принимая во внимание различные отношения почв и грунтовых вод, их различную химическую и физическую природы, и, конечно, и климатические данные, местные условия и т. д.

Насколько легче определить качество оросительной воды, в отношении чего в нашей стране мы располагаем уже, хорошо разработанным применяемыми нормами.

Почвы на Низменности делятся на три группы:

1. на которых можно орошать без опасности солонцевания (около 10—12%),
2. на которых можно орошать только при определенных условиях, при соблюдении которых солонцевание не наступит (около 75—80%),
3. на которых не предлагается орошать, где при сохранении данных условий вследствие орошения непременно наступает дальнейшее солонцевание (около 6—8%).

Иначе говоря, это значит, что больше, чем три четверти Низменности может быть условно орошаемо. Поэтому чрезвычайно важны предварительные исследования.

Самым важным вопросом условно орошаемой территории является общая глубина уровня грунтовой воды в почве.

Мы знаем, что одной из главных причин солонцевания на Низменности в той или иной степени является соляная грунтовая вода, которая поднимается на поверхность почвы, в результате чего почва станет солончаковой. Поэтому та глубина грунтовой воды, ниже которой этот процесс не может происходить, называется *критической глубиной*. Поскольку уровень воды в почва превышает критическую глубину, раньше или позже закономерно произойдет солонцевание почвы.

Если сравнивать солончаковые территории Низменности с территориальным расположением солончаковых грунтовых вод с большой концентрацией соли, между ними можно установить тесное соотношение. На основании этого факта и данных других многочисленных исследований, мы можем сказать, что непосредственным источником накопившихся в солончаковой почве солей, в большинстве случаев, является грунтовая вода. Поэтому одним из важнейших качественных показателей грунтовых вод с точки зрения солонцевания является количество растворенных в них солей. Чем больше содержание соли грунтовой воды, тем интенсивнее — при прочих одинаковых условиях — действие солонцевания.

В ходе солонцевания кроме накопления растворимых солей, следует учесть происходящие в почве химические процессы. Самый важный из них взаимовлияние между поступившими в почву и находящимися в растворе ионами натрия натриевых солей и твердыми фракциями почвы. В результате этого взаимовлияния находящиеся в растворе ионы натрия на поверхности коллоидных частиц почвы в ущерб ионам кальция связываются и изменив коллоид-химическое состояние почвы, ухудшают свойства водного баланса. В какой степени связываются поступившие в почву ионы натрия натриевых солей зависит от концентрации солей в растворе и в пределах этого пропорции содержания солей натрия. Поэтому другой важный качественный показатель вод — это % натрия, который выражает пропорцию солей натрия в общем содержании солей в мг/л воды в %. Так, например, если почва и первоначально солончаковая и более в большем количестве содержит замещаемые ионы натрия, то связь ионов натрия требует большего процентного содержания натрия в растворе. Мы уже видели, что влияние солонцевания зависит от грунтовой воды и от глубины уровня грунтовой воды. Предпосылкой солончакового влияния грунтовой воды является её непосредственное влияние на формирование почвы, поступление в почву принесенных грунтовой водой солей.

Уровень грунтовой воды, выше которого под влиянием грунтовой воды

может наступать солонцевание в почве, называется *критическим уровнем* грунтовой воды.

Известно, что воды на нашей Земле, исключая осадки, содержат в растворенном виде большее или меньшее количество минеральных и органических солей. При орошении соли отчасти или полностью (в зависимости от метода) остаются в почве или удаляются, т. е. оказывают на почву химическое, физическое и физиологическое воздействия. Эти воздействия зависят от качества оросительной воды, т. е. от химического свойства растворенных составных частей и от количества использованной воды. Значит, возможность солонцевания вследствие орошения во многом зависит от химического характера используемой оросительной воды. В нашей стране это практически означает, что самые лучшие для орошения естественные воды — это воды наших рек (Дунай, Тиса, Кёрёш, Марош). См. рисунок..., который ясно изображает относительную бедность вод наших главных рек на Низменности растворенными веществами. (Тиса, Марош, Кёрёш)

Но иное положение, если орошают из водоёмов, каналов, где собирается ильмень, или буровых калодшев. Например, из канала Хортобадь-Беретёе, который построен для собирания и отведения ильменя солончаковых территорий Средне-затисайского края, а теперь используют его воды для орошения.

Вода водоёмов мертвых рукавов и главных каналов для собирания внутренних вод, особенно летом, когда главный сезон орошения вследствие испарения и экстрагирования насыщается и её качество может ухудшаться. В таких случаях пропорция растворенных в воде солей кальция и магния, по отношению к натрию, с точки зрения орошения может изменяться неблагоприятно.

В естественных водах эта пропорция чаще всего около 3:1, а пропорция воды канала Хортобадь-Беретёе и других каналов водоёмов подпочвенных вод составляет 1:1 или ещё хуже. В этом случае солонцевание под влиянием оросительной воды уже может иметь место. Чтобы избежать этой опасности, необходимо принимать во внимание химический состав воды упомянутых источников. Если качество оросительной воды не благоприятное, его улучшить добыванием естественной воды (физическое улучшение) или химическими веществами, например, гипсом (химическое улучшение).

ЛИТЕРАТУРА

1. ANDÓ M., VÁMOS R.: 1960. A szikesedés hidrobiológiai éghajlati és talajtani tényezői a Dunamedencében. (Kézirat, Szeged).
2. HILGARD, E.W.: 1894. Szikes talajok öntözése és alapcsövezetése. Patria. Budapest.
3. IRINYI, I.: 1839. A Konyári tó. Atheneum Tudományok és Szépművészetek tára. 46. sz. Pest
4. MURAKÖZY, K.: 1902. A talajról. Természettudományi Közlöny. 62. 393.
5. SIGMOND, E.: 1923. A hazai szikesek és javítási módjaik. MTA. Budapest.
6. SZABOLCS, I.: 1959. Die Degradierung der bewässerten Reisböden in Ungarn. Chemie der Erde. 20. 36—48.
7. SZABÓ, J.: 1850. Vorkommen und Gewinnung des Sarpeters In Ungarn. Jahrbuch d.k.k. geolog. Reichsanstal Bd. 1.
8. TESCHEDIK, S.: 1804. Über die Kultur und benützung der sogenannte Székes-Felder in der Gegend der Fe Theiss Patriotisches Wochenblatt für Ungarn. Pest.
9. TREITZ, P.: 1923. A sós és szikes talajok természetrajza. Stádium R. T.
10. VÁMOS, R.: 1954. Microbiological processes in lime free alkali soils. Acta Biol. Szeged. I. 113—124.
11. VÁMOS, R.: 1964. The release of hydrogen sulfide from mud. J. Soil science. 15. 103—109.