

**Русанов А.М.**

(заведующий кафедрой общей биологии ОГУ, доктор биологических наук, профессор),

**Милановский Е.Ю.**

(старший научный сотрудник кафедры физики и мелиорации почв МГУ им. М.В. Ломоносова, кандидат биологических наук),

**Шеин Е.В.**

(профессор кафедры физики и мелиорации почв МГУ им. М.В. Ломоносова, доктор биологических наук),

**Засыпкина Д.И.**

(аспирант кафедры физики и мелиорации почв МГУ им. М.В. Ломоносова),

**Демченко Э.В.**

(аспирант кафедры общей биологии ОГУ)

## **АНТРОПОГЕННАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ПОЧВ БОРОВСКОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ\***

**На территории, исключенной из орошения Боровской оросительной системы, вскрыты солонец корковый и лугово-черноземные глубокозасоленные почвы, занимающие различные положения в мезорельефе. Солонец корковый расположен в относительной депрессии и, в отличие от лугово-черноземной почвы, сильно засолен с поверхности, характеризуется высоким содержанием иона натрия в почвенном поглощающем комплексе, бесструктурностью и низкой водопроницаемостью.**

### **Введение**

Территория Боровской оросительной системы орошается с 1934 года. Общая площадь орошения в первые годы составляла 2705,7 га. В 1984 году на территории оросительной системы была выполнена работа по уточнению площади орошения и исследованию некоторых свойств почв. При этом основное внимание было уделено изучению их солевого режима. Площадь орошения составляла тогда 2441,3 га. В начале 90-х годов орошение на некоторых, в основном притеррасных территориях Боровской оросительной системы было прекращено. Основная причина заключалась в прогрессивном засолении и осолонцевании почв. Однако полных данных о состоянии почв, их эволюции после прекращения орошения до настоящего времени не было получено. Эта проблема является чрезвычайно важной как с точки зрения инвентаризации и мониторинга состояния почв Оренбургского региона, так и с научной точки зрения. Известно, что в различных геоморфологических, мелиоративных, почвенно-геохимических условиях эволюция почв, подверженных орошению, после выведения их из ирригации складывается различно (Приходько, 1996). Нередко почвы проградируют в свои зональные аналоги с остаточными признаками гидрогалогенного этапа, но в ряде случаев отмечается еще более глубокая химическая деградация почвенного покрова в послеоросительный период. В связи с этим целью данной работы явилось изучение физических и физико-химических свойств, а также солевых характеристик некоторых почв, находившихся на терри-

тории Боровской оросительной системы, но исключенных из орошения вследствие их засоления.

### **Объекты и методы исследования**

Территория оросительной системы расположена в степной зоне, в подзоне черноземов обыкновенных. Оросительная система занимает левобережье р. Боровка, ее вторую и третью остепненные надпойменные террасы. В основании территории, в северной ее части, располагаются древнеаллювиальные отложения, южнее – делювиальные желто-бурые карбонатные суглинки. Коренными породами являются алевролиты с линзами известняков и песчаников верхнетатарского подъяруса верхней перми. Они являются основными водоносными горизонтами исследуемой территории.

Грунтовые воды залегают на глубине 0,5-6,5 метра и характеризуются гидрокарбонатно-магниево-кальциевым, гидрокарбонатно-хлоридно-натриевым и гидрокарбонатно-сульфатно-натриевым составом различной степени минерализации (0,3-6,5 г/л). Воды р. Боровка гидрокарбонатно-натриево-кальциевые с минерализацией до 1,0 г/л. Уровень грунтовых вод за время орошения заметно повысился. Если в 1934 году он составлял на всей площади оросительной системы 5-6 м, то через 50 лет на 69,0 га они залежали на глубине до 1,0 метра, на 394,7 га их уровень составил 1,0-1,5 м, на площади 1326,2 – 1,5-3,0 метра, а на площади 591,4 га – глубже 3,0 метров. Особенно близко к поверхности располагаются воды на территориях, прилегающих к магистральным оросительным

\*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ. Гранты: 02-04-49274, 04-04-49006

каналам, строительство которых осуществлялось без гидроизоляции. Минерализация грунтовых вод составила на площади 2407,3 га – до 1,0 г/л, на 22,5 га – до 3,0 г/л и на площади 11,3 га – более 5,0 г/л. Общая минерализация грунтовых вод возросла за период 1934-1984 гг. примерно в 3 раза, прежде всего за счет сульфатионов и особенно за счет ионов натрия (в 4-8 раз) при снижении содержания Са (на 60-80%). Выявлено, что с глубиной содержание Na в составе грунтовых вод также увеличивается.

В 1934 году засоленные почвы и почвообразующие породы на территории оросительной системы не были выявлены. В 1984 году на площади 128,7 га отмечено их слабое засоление, на площади 157,6 га – среднее. Засоленные почвы были приурочены к микропонижениям, депрессиям и магистральным каналам, т. е. к территориям, подверженным дополнительным влияниям грунтовых и поверхностных вод. Близко расположенные к поверхности воды отличаются повышенной минерализацией и высокой концентрацией ионов натрия.

Результаты рекогносцировочных исследований сопредельных с зоной полива территорий позволяют утверждать, что до ввода в режим орошения почвенный покров Боровской ирригационной системы отличался гомогенностью и был представлен различными родами чернозема обыкновенного остаточно-луговатого. После более чем 50-юлетнего периода орошения произошла антропогенная трансформация структуры почвенного покрова исследуемой площади в сторону ее усложнения и повышения контрастности. Основная часть покрывающих ее почв продолжала соответствовать своим изначальным классификационным свойствам. Локально, из-за сочетания орошения с факторами микрорельефа и засоления материнских пород, произошли значительные изменения в водно-воздушном, солевом, окислительно-восстановительном и других режимах почв, в связи с чем они приобрели иные свойства, именно эти почвы и послужили основным объектом работы.

С целью получения информации о современном состоянии засоленных в процессе орошения почв и для исследования послеоросительной их эволюции в 2003 году на приводораздельной части террасы р. Боровки были заложены 2 разреза. Были вскрыты солонец корковый и лугово-черноземная почва, расположенные рядом (в 20-ти метрах) друг от друга и отличающиеся отметками высот: лугово-черноземная почва располагалась на относительном

повышении рельефа в 0,82 м. По морфологическому описанию структура коркового солонца характеризуется большей плотностью, слитостью, липкостью. Для лугово-черноземной почвы характерны меньшая слитость и более глубокое прокрашивание гумусом. Оба объекта вскипают от 10% HCl приблизительно с одинаковой глубиной (15 см).

В полевых условиях послойно определяли плотность почвы и ее водопроницаемость методом трубок. В лабораторных условиях для установления состава обменных оснований в связи с присутствием в выбранных объектах карбонатов и засоления для приготовления вытяжки был использован метод Пффейфера в модификации Молодцова и Игнатовой. Определение натрия проводили пламенно-фотометрическим методом, кальция и магния – атомно-адсорбционным («Руководство по лабораторным методам исследования ионно-солевого состава нейтральных и щелочных минеральных почв», 1990). Для определения степени засоления в почвенной суспензии (соотношение почва : вода равно 1:5) измерена электропроводность («Практические занятия по курсу мелиорация почв», 1994).

На экспресс – анализаторе на углерод АН 7529 установлено совместное содержание углерода органического вещества и карбонатов и отдельно содержание углерода карбонатов. По разнице этих показателей рассчитано содержание углерода органического вещества.

### Результаты и обсуждение

Полевые исследования физических свойств исследованных вариантов показали их существенные различия. Плотность сложения лугово-черноземной почвы в поверхностных слоях составляет от 1,0 до 1,1 г/м<sup>3</sup>. Эта величина меньше, чем измеренная в 1934 году до начала орошения (тогда она была 1,3 г/м<sup>3</sup>). В солонце корковом этот показатель равен 1,5 г/м<sup>3</sup>, что соответствует измеренному в 1984 г. Разница в величине коэффициента впитывания для этих вариантов также весьма значительна. Если в корковом солонце по всему профилю коэффициент впитывания имеет очень низкие значения (0,1-0,3 мм/мин), то на поверхности лугово-черноземной почвы эта величина составляет 4,5 мм/мин. Столь заметное изменение физических свойств связано с засолением и осолонцеванием исследованных почв. На основании анализа данных об электропроводности почвенных паст (табл. 1) совершенно определенно можно судить о том, что корковый солонец является сильно

засоленным с максимумом засоления (очень сильно засоленные) на глубине 20-40 см, а лугово-черноземная почва – не засолена с поверхности, и лишь в глубоких слоях ее отмечается слабое засоление.

Столь существенные изменения, безусловно, связаны с расположением объектов в мезорельефе, когда на повышенных участках создаются лучшие условия дренажа и, соответственно, рассоления почв.

До начала орошения (1934 г.) почвы оросительной системы характеризовались нейтральными величинами рН почвенного раствора (рН 6,8-6,9) на всей территории оросительной системы. Реакция почвенных растворов на систематически орошаемых землях в 1984 г. составила 7,8-8,2 при увеличении рН до 9,0 на глубине 1,5-2,0 метра. В местах частого застоя вод рН снижался в указанные годы до 6,0 единиц рН. К 2003 году рН значительно возрос в поверхностных слоях до 8-9 в лугово-черноземной почве и до 10 единиц – в солонце корковом (рис. 1). Совершенно очевидно, что за время, прошедшее с 1984 года, произошло дополнительное увеличение рН, что не могло не сказаться на физико-химических и физических свойствах почв.

К 1984 году по сравнению с аналогами на целине содержание гумуса сократилось за время орошения на 10-25%, а  $C_{ГК} : C_{ФК}$ , интегральный показатель качества гумуса, снизился с 2,9-2,3 до 1,4-2,0. Современное содержание углерода органического вещества в луговой почве зна-

Таблица 1. Некоторые водно-физические, физико-химические и химические свойства солонца коркового и лугово-черноземной глубокозасоленной почвы

| Глубина, см                                       | Плотность, г/см <sup>3</sup> | Влажность при определении плотности, % | Водопроницаемость, мм/мин | Содержание фракции <0,25 мм при мокром просеивании | Электропроводность, мСм/см | Степень засоления |
|---------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------|-------------------|
| <b>Солонец корковый</b>                           |                              |                                        |                           |                                                    |                            |                   |
| 0-5                                               | 1,51                         | 25,10                                  | 0,1                       | 69,5                                               | 8,6                        | Средняя           |
| 10-15                                             | 1,46                         | 20,60                                  | 0,2                       | 60,1                                               | 23,1                       | Сильная           |
| 20-25                                             | 1,48                         | 26,32                                  | 0,2                       | 91,8                                               | 62,9                       | Очень сильная     |
| 30-35                                             | 1,57                         | 18,03                                  | 0,1                       | 99,6                                               | 63,4                       | Очень сильная     |
| 40-45                                             | 1,51                         | 19,22                                  | 0,1                       | 98,9                                               | 32,3                       | Сильная           |
| 60-65                                             | 1,54                         | 20,72                                  | 0,3                       | 98,9                                               | 31,0                       | Сильная           |
| 80-85                                             | 1,68                         | 17,17                                  | 0,5                       | 89,8                                               | 28,2                       | Сильная           |
| <b>Лугово-черноземная глубокозасоленная почва</b> |                              |                                        |                           |                                                    |                            |                   |
| 0-5                                               | 1,11                         | 39,24                                  | 4,5                       | 30,4                                               | <0,5                       | Незасоленные      |
| 10-15                                             | 1,06                         | 37,83                                  | 3,2                       | 48,8                                               | <0,5                       | Незасоленные      |
| 20-25                                             | 1,00                         | 32,10                                  | 3,5                       | 34,1                                               | <0,5                       | Незасоленные      |
| 30-35                                             | 1,08                         | 29,80                                  | 2,1                       | 35,1                                               | <0,5                       | Незасоленные      |
| 40-45                                             | 1,15                         | 28,90                                  | 4,4                       | 44,1                                               | 4,3                        | Слабая            |
| 60-65                                             | 1,36                         | 23,50                                  | 5,8                       | 58,2                                               | 7,3                        | Слабая            |
| 80-85                                             | 1,60                         | 21,70                                  | 3,4                       | 67,7                                               | 7,4                        | Слабая            |

чительно выше, нежели в солонце корковом, хотя распределение гумуса в обоих профилях можно охарактеризовать как аккумулятивно-прогрессивное. Сравнивая полученные данные с результатами содержания гумуса, полученными в 1934 году и 1984 году, можно сделать вывод о том, что гумусное состояние почв данной территории ухудшилось весьма существенно. Это является довольно характерным фактом посторосительного периода эволюции почв. Однако различия в степени засоления не сказались на величинах удельной поверхности: площадь

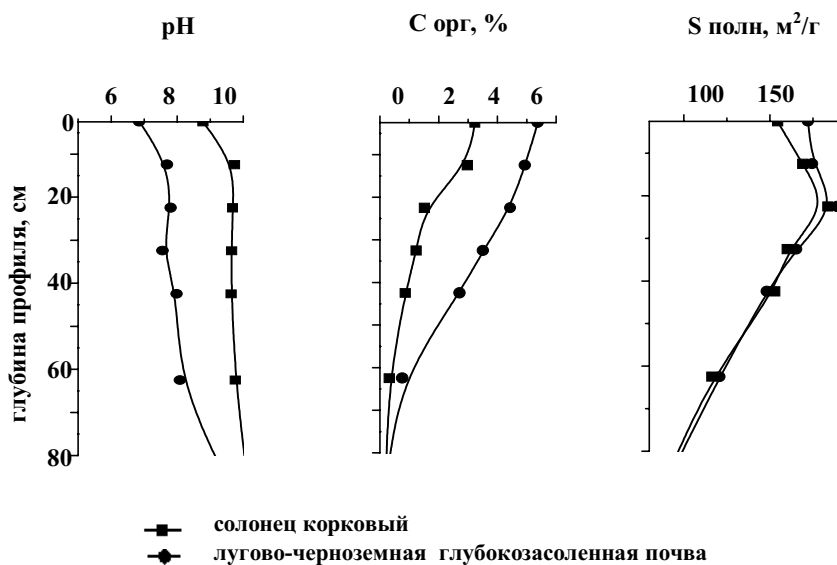


Рисунок 1. Профильные распределения величины рН, содержания органического углерода ( $C_{орг}$ , %) и удельной поверхности ( $S_{полн}$ , м<sup>2</sup>/г) в солонце корковом и лугово-черноземной глубокозасоленной почве

удельной поверхности (рис. 1) исследуемых вариантов можно признать практически одинаковой, только в верхних 20 см ее значение у лугово-черноземной почвы несколько выше (160 м<sup>2</sup>/г), чем у коркового солонца (150 м<sup>2</sup>/г).

Для оценки почв и их посторосительной эволюции важно рассмотреть состав почвенного поглощающего комплекса (ППК) и процент иона натрия в его емкости, указывающий на степень осолонцованности (табл. 2). Натрий в составе обменных оснований составляет в корковом солонце на глубине максимального засоления 60% от общего их количества. Значение этого показателя по профилю не опускается ниже 33%,

что позволяет отнести указанные почвы к солонцам корковым солончаковатым. (Критерием для выделения типа солонцов является содержание обменного натрия в количестве >20% от суммы поглощенных оснований.) Содержание обменного кальция в верхнем горизонте достигает 56% от суммы поглощенных катионов, а на глубине наибольшего засоления снижается до 35%. Процент магния не превышает 11% по всей глубине.

Анализ данных о составе обменных катионов лугово-черноземной почвы показывает значительное наличие поглощенного магния в нижней части профиля. По Ф.Р. Зайдельману (Зайдельман, 1996), почву можно отнести к солонцам при содержании в почве обменного магния в количестве, превышающем 40%. Для данного варианта это наблюдается с глубины более 65 см. Выше содержание магния составляет порядка 25-30%. В луговой почве натрия в составе обменных оснований отсутствует до глубины 80 см, где его содержание составляет 13%.

Высокий рН, наличие иона натрия в ППК, засоленность почвенного профиля солонца коркового в отличие от лугово-черноземной почвы не могли не сказаться и на заметном ухудшении устойчивости его структуры в сравнении с глубоким солонцом. Мокрое просеивание (табл. 3) указывает на почти полное отсутствие водопрочности в корковом солонце и небольшую водопрочность (с максимумом оставшихся агрегатов размером 1-2 мм) в лугово-черноземной почве. Для последней характерно повышенное содержание крупных агрегатов (>5 мм) в поверхностном слое (0-5 см), что указывает на протекающие здесь процессы оструктурирования.

Все приведенные данные указывают на практически полную обесструктуренность солонца коркового, что в целом характерно для солонцовых почв. Луговая почва, напротив, обладает лучшими физическими и физико-химическими свойствами. Вероятно, постирригационная эволюция этих почв происходит в направлении их остепнения, которое начинается с возвышенных участков. В целом, почвы исследованной территории подвергаются последовательной эволюции, которая характерна для орошаемых почв, подвергшихся засолению при

Таблица 2. Состав почвенного поглощающего комплекса (ППК) и процент иона натрия в его емкости для солонца коркового и лугово-черноземной глубокозасоленной почвы

| Объект исследования                        | Глубина, см | Состав катионов почвенного поглощающего комплекса (ППК), мг-экв/100 г |      |      |             |
|--------------------------------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------|------|------|-------------|
|                                            |             | Ca                                                                    | Mg   | Na   | Na в ППК, % |
| Солонец корковый                           | 0-5         | 16,0                                                                  | 3,3  | 9,5  | 33,0        |
|                                            | 10-15       | 17,6                                                                  | 3,2  | 25,5 | 55,0        |
|                                            | 20-25       | 21,1                                                                  | 3,1  | 36,5 | 60,1        |
|                                            | 30-35       | 21,3                                                                  | 2,9  | 28,5 | 54,1        |
|                                            | 40-45       | 23,8                                                                  | 3,1  | 26   | 49,1        |
|                                            | 60-65       | 20,6                                                                  | 3,0  | 22,5 | 48,8        |
| Лугово-черноземная глубокозасоленная почва | 0-5         | 14,6                                                                  | 7,0  | 0,0  | 0,0         |
|                                            | 10-15       | 16,3                                                                  | 6,4  | 0,0  | 0,0         |
|                                            | 20-25       | 17,6                                                                  | 6,2  | 0,0  | 0,0         |
|                                            | 30-35       | 18,6                                                                  | 6,2  | 0,0  | 0,0         |
|                                            | 40-45       | 15,8                                                                  | 7,8  | 0,0  | 0,0         |
|                                            | 60-65       | 9,4                                                                   | 9,9  | 0,0  | 0,0         |
|                                            | 80-85       | 4,3                                                                   | 11,6 | 2,4  | 13,1        |

Таблица 3. Структурный состав солонца коркового и лугово-черноземной глубокозасоленной почвы по данным мокрого просеивания

| Фракции, мм                                       | Глубина, см |       |       |       |       |       |       |
|---------------------------------------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                                   | 0-5         | 10-15 | 20-25 | 30-35 | 40-45 | 60-65 | 80-85 |
| <b>Солонец корковый</b>                           |             |       |       |       |       |       |       |
| >5                                                | 1,9         | 0,4   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,1   | 7,0   |
| 3-5                                               | 1,3         | 1,4   | 1,3   | 0,0   | 0,0   | 0,4   | 2,0   |
| 2-3                                               | 1,6         | 2,6   | 1,5   | 0,0   | 0,1   | 0,1   | 0,7   |
| 1-2                                               | 12,1        | 16,0  | 2,2   | 0,0   | 0,4   | 0,3   | 0,2   |
| 0,5-1                                             | 7,8         | 11,0  | 1,6   | 0,1   | 0,3   | 0,2   | 0,1   |
| 0,25-0,5                                          | 5,7         | 8,5   | 1,7   | 0,2   | 0,3   | 0,7   | 0,1   |
| <0,25                                             | 69,5        | 60,1  | 91,8  | 99,6  | 98,9  | 98,1  | 89,8  |
| <b>Лугово-черноземная глубокозасоленная почва</b> |             |       |       |       |       |       |       |
| >5                                                | 31,5        | 9,9   | 2,6   | 0,4   | 0,7   | 0,3   | 0,0   |
| 3-5                                               | 3,7         | 2,7   | 5,8   | 3,2   | 3,0   | 2,0   | 0,1   |
| 2-3                                               | 5,2         | 4,2   | 9,6   | 9,0   | 6,0   | 6,8   | 0,6   |
| 1-2                                               | 18,0        | 20,5  | 34,6  | 38,6  | 30,2  | 19,5  | 4,7   |
| 0,5-1                                             | 6,3         | 8,6   | 8,6   | 6,3   | 8,8   | 5,9   | 5,8   |
| 0,25-0,5                                          | 5,0         | 5,4   | 4,7   | 7,5   | 7,1   | 7,2   | 21,0  |
| <0,25                                             | 30,4        | 48,8  | 34,1  | 35,1  | 44,1  | 58,2  | 67,7  |

орошении: зональные автоморфные – гидроморфные – засоление (при соответствующем качестве поливных и грунтовых вод и отсутствии дренажа) – солончаки – (прекращение орошения) – солонцы корковые – солонцы глубокие – луговые осолонцованные почвы («Орошаемые черноземы», 1989). По всей видимости, и для части территории, находившейся в составе Боровской оросительной системы, такая эволюция почв является характерной. Однако при отсутствии искусственного дренажа этот процесс может быть чрезвычайно длительным, а в случае засушливых метеоусловий может стабилизироваться на солонцовой стадии.

#### Список использованной литературы:

1. Зайдельман Ф.Р. Мелиорация почв. М.: МГУ, 1996. 384 с.
2. Орошаемые черноземы / Под ред. Розанова Б.Г. М.: МГУ, 1989. 240 с.
3. Практические занятия и семинары по курсу мелиорация почв / Под ред. Л.Ф. Смирновой и соавт. М.: МГУ, 1994.
4. Приходько В.Е. Орошаемые степные почвы: функционирование, экология, продуктивность. М.: ИНТЕЛЛЕКТ, 1996. 180 с.
5. Руководство по лабораторным методам исследования ионно-солевого состава нейтральных и щелочных минеральных почв. М.: Почвенный институт им. М.В. Докучаева, 1990. с.95-98.