

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ПРОДУКЦИЯ

УДК 631.432

Оценка влияния физических свойств на продуктивность луговых почв дельты Волги

Evaluation of the influence of physical properties on the productivity of meadow soils Volga delta

Зав. кафедрой А.П. Сорокин,
(Астраханский государственный университет) кафедра землеустройства и кадастров,
тел. 8-927-281-69-28

E-mail: sor-and@mail.ru

доцент С.П. Стрелков,
(Астраханский государственный университет) кафедра ботаники, биологии экосистем
и земельных ресурсов

E-mail: ast_strelkov@mail.ru

магистрант К. Г. Кондрашин
(Астраханский государственный университет) кафедра педагогики и непрерывного
профессионального образования

Head of the Department A.P. Sorokin,
(Astrakhan state university) chair of land management and inventories,
tel. 8-927-281-69-28

E-mail: sor-and@mail.ru

Associate Professor S.P. Strelkov,
(Astrakhan state university) chair of botany, biology of ecosystems and land resources
E-mail: ast_strelkov@mail.ru

Undergraduate K.G. Kondrashin
(Astrakhan state university) chair of pedagogics and continuous professional education

Реферат. Рассмотрено влияние физических свойств луговых почв дельты Волги на их продуктивность на примере луговых почв ландшафта бутра Бэра. Приведены геоботанические и морфологические исследования луговых почв. Определены основные физические свойства и содержание легко-растворимых солей луговых почв. Дана сравнительная оценка физического состояния луговых почв в зависимости от их продуктивности. Установлено, что минимальные и максимальные значения водно-физических свойств почв оказывают негативное влияние на рост и развитие естественной растительности. Почвы с максимальным проективным покрытием отличаются практически оптимальными значениями водно-физических свойств, естественная растительность здесь характеризуется наибольшей высотой травостоя и продуктивностью. Доказано, что водно-физические свойства оказывают влияние на высоту травостоя, проективное покрытие и продуктивность естественной растительности луговых почв как на уровне почвенного типа, так и на ландшафтном уровне.

Summary. Reflected the influence of the physical properties of meadow soils of the Volga delta on their productivity as an example of meadow soils of the landscape Baer's hills. Powered geobotanical and morphological studies of prairie soils. The basic physical properties and the content of soluble salts of meadow soils. Comparative evaluation of the physical condition of meadow soils, depending on their productivity. It is established that the minimum and maximum values of water-physical properties of soils have a negative impact on growth and development of natural vegetation. Soils with the highest projected cover nearly optimal values of different water-physical properties, the natural vegetation is characterized by a maximum height of grass and productivity. It is proved that the water-physical properties affect the height of the grass, the projective cover and productivity of natural vegetation of meadow soils, both at the level of soil type, and at the landscape level.



Ключевые слова: луговые почвы, продуктивность, физические свойства, легкорастворимые соли, оценка влияния, проективное покрытие, высота травостоя.

Keywords: meadow soils, productivity, physical properties, soluble salts, impact assessment, projective cover, the height of the grass.

Основную часть площади дельты Волги занимают местообитания с естественным растительным покровом, в большинстве являющиеся заливными сенокосными лугами и составляющие основу лучших кормовых угодий региона. Как важнейший компонент биосферы такие местообитания обладают не только кормовыми ресурсами, но и определяют состояние земельных ресурсов, плодородия почв, биологическое разнообразие флоры, а также качество среды обитания человека в аридных регионах России [5]. Поэтому вопросы контроля за состоянием почвенного покрова естественных местообитаний дельты Волги актуальны и своевременны.

В настоящее время уникальная по природным особенностям территория дельты Волги в силу интенсивного использования деградирует, теряя свой продуктивный потенциал и ценные в кормовом отношении сенокосы и пастбища, что в конечном счете способно привести к значительным изменениям в почвенно-растительном покрове [1].

Продуктивность дельтовых лугов зависит не только от гидрологического режима и влажности почвы в течение вегетационного периода, но и от физических свойств этих почв, таких, как порозность, плотность сложения и твердой фазы почв. Поэтому необходимо изучение и постоянное отслеживание изменений физического состояния почвы.

Цель работы – провести оценку влияния физических свойств луговых почв дельты Волги на их продуктивность. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- анализ литературных данных по изучению почвенного покрова луговых местообитаний дельты Волги;
- геоботанические и морфологические исследования луговых почв дельты Волги;
- определение основных физических свойств и содержания легкорастворимых солей луговых почв;
- сравнительная оценка физического состояния луговых почв в зависимости от их продуктивности;
- выявление путем сравнения влияния физического состояния почв на продуктивность естественной растительности.

В качестве объекта исследований были выбраны аллювиальные луговые почвы пространственно расположенные в ландшафте бугра Бэра (рис. 1), а точнее в околобугровом пространстве западной и северной экспозиций бугра на лугах среднего уровня (западный и северный луг). Участки северного и западного направления в одинаковой степени подвержены антропогенной нагрузке и являются сенокосными угодьями, а также пастбищами крупного рогатого скота.



Рис. 1. Объект исследования



Данная территория представлена аллювиально-дельтовой луговой, окарбонанной, среднесуглинистой почвой. По сравнению с почвами зонального ряда (бурыми полупустынными) эти почвы характеризуются значительно большей мощностью гумусового слоя и высокой гумусированностью. Средняя мощность гумусовых горизонтов A_d и A в сумме колеблется от 20 до 30 см. Ниже гумусового горизонта с весьма четкой границей залегает горизонт В, средне- и легкосуглинистый, бурый с рыжими пятнами ожелезнения, выпцетами легкорастворимых солей и карбонатов, затеками гумуса. Тёмные тона окраски и наличие ржавых пятен свидетельствуют о влиянии избыточного увлажнения на породу.

Исследуемая почва отличается разнообразием гранулометрического состава, что обусловлено своеобразием капиллярного передвижения растворов и солей и слоистостью аллювиального происхождения. Анализ распределения ионов легкорастворимых солей по почвенному профилю показал, что соли в основном содержатся в поверхностном слое почвы. Преобладают сульфат-ионы. Гидрокарбонат- и хлорид-ион зафиксированы в незначительных количествах. Тип засоления - сульфатный, по катионному составу - магниевно-кальциевый.

Растительный покров представлен доминантами: *Elytrigia repens* - пырей ползучий (константность 90 %) и *Bolboschoenus maritimus* - клубнекамыш морской (константность 70 %). Ассектаторами, соучастниками или наполнителями, фитоценозов являются: *Phragmites australis* - тростник южный, *Convolvulus* - выюнок безрезка, *Glycyrrhiza glabra* - солодка голая, *Polygonum aviculare* - горец птичий, *Gypsophyla paniculata* - качим метельчатый, *Euphorbia* - молочай уральский, *Alisma plantago-aquatica* - частуха подорожниковая, *Eleocharis palustris* - ситняг болотный, *Aeluropus pungens* - прибрежница колючая.

Для изучения физических свойств луговых почв в типичном бугровом ландшафте дельты Волги было заложено по три разреза на лугах северной и западной экспозиции бугра Бэра. Критериями выбора закладки почвенных разрезов на данных почвах послужили различия в растительном покрове, а точнее в его проективном покрытии, видовом составе растительности и средней высоте травостоя. На почвах западного луга были заложены три разреза (рис. 2), растительный покров которых отличался вышеперечисленными признаками: растительный покров близ первого разреза отличался максимальным проективным покрытием, высотой травостоя «+», второго – средним «+-», а третьего - минимальным «-». Этому предшествовал подробный геоботанический анализ данных луговых территорий. Аналогичные исследования проведены и на почвах северного луга, где было заложено три разреза. Отбор почвенных образцов проводили в трехкратной повторности по слоям 0-5, 10-15, 20-25, 40-45 и 60-65 см.



Рис. 2. Спутниковый снимок объекта исследования



На каждом объекте были проведены оригинальные исследования, для чего был использован комплексный метод исследования почв, сочетающий методы почвоведения, геоботаники и ГИС-технологий.

Изучение солевого состояния почв проведено по величине плотного остатка и электрофизическими методами. Для изучения основных свойств почвенного покрова исследуемых ландшафтов использовались методы, принятые в почвоведении и физике почв [2, 4].

Влажность почвы определяли традиционным термостатно-весовым методом и на влагомере MR-5D, плотность - буровым методом с использованием бура Качинского объемом 100 см³, плотность твёрдой фазы – пикнометрическим методом. Также было проведено подробное морфологическое описание каждого разреза. На всех объектах исследования проводили нивелирную съемку. Для каждого почвенного разреза выполняли точную геоинформационную привязку с помощью GPS-приемника. Данные обрабатывали с помощью лицензионных компьютерных интегрированных пакетов GoldenSurfer v.8 и Statistica v.6.0., с помощью которых проведена статистическая обработка результатов определения физических параметров. Достоверность различий между выделенными участками по физическим свойствам и их изменчивости в почвенном покрове выявляли с использованием параметрических (t-Стьюдента, F-тест) и непараметрических (Краскала – Уолиса) методов математической статистики. Результаты анализировали и представляли в виде графиков и топоизоплет с использованием интерполяции методом крикинга.

Работы выполнялись серией стационарных и маршрутных наблюдений. Для оценки физических свойств почв на всех объектах экспедиционные исследования проводились в период низкого стояния уровня воды в водотоках дельты Волги.

В результате проведенных полевых и лабораторных исследований было установлено, что почвы с минимальным проективным покрытием, как на северном, так и на западном лугу, характеризуются неблагоприятной водно-физической обстановкой, что, в свою очередь, приводит к угнетению и слабому развитию естественной растительности. Также неблагоприятно сказывается на росте и развитии луговой растительности слишком большие или слишком маленькие показатели тех или иных почвенных параметров, как в случае с почвами со средним проективным покрытием, где в основном были зафиксированы максимальные значения водно-физических свойств. Почвы с максимальным проективным покрытием оказались своего рода буферными зонами между максимальными и минимальными значениями почвенных свойств, нередко принимая практически оптимальные выражения для некоторых из них, о чем свидетельствует прекрасно чувствующая себя на данных почвах естественная растительность.

Полевая влажность почв на западном лугу отличается большими значениями по сравнению с почвами северного луга (рис. 3). Причем наибольшей влагообеспеченностью отличается почва со средним проективным покрытием, далее идет почва с максимальным проективным покрытием и наконец наименьшей увлажненностью характеризуется почва с минимальным покрытием. Аналогичным закономерностям распределения влаги по почвам с различным растительным покровом подчиняются почвы северного луга, причем почва с минимальным проективным покрытием отличается очень низкими значениями влажности - на уровне гигроскопической.

Содержание легкорастворимых солей в почвах северного луга отличается их концентрацией в поверхностных слоях до 30 см, за исключением почвы с минимальным проективным покрытием, где содержание солей по всей 60-сантиметровой толще не менее 1,1 %, а максимальное количество солей (более 1,5 %) распределено в слоях 30-50 см, что также характерно для аналогичной почвы западного луга (рис. 4).

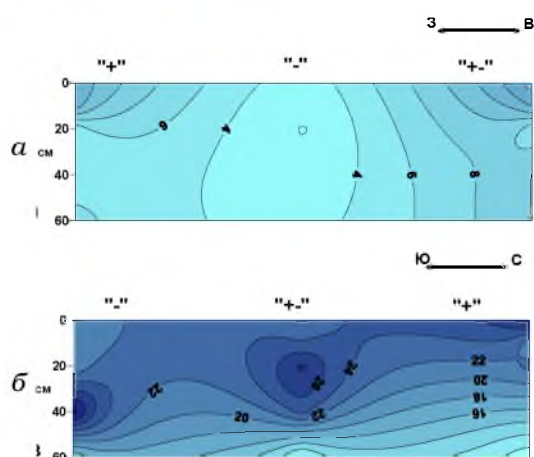


Рис. 3. Полевая влажность : а - северный луг; б - западный луг

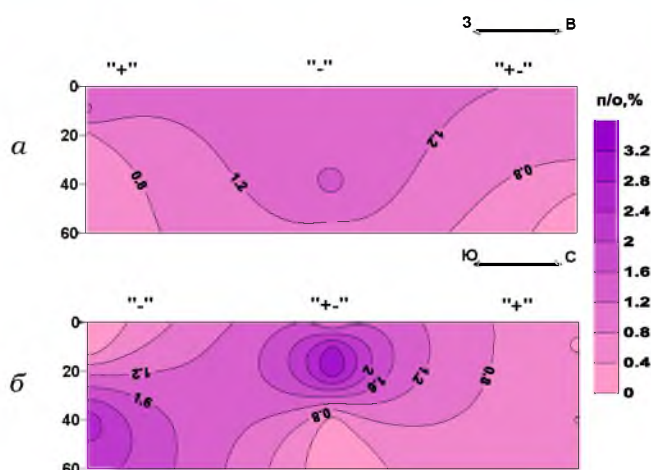


Рис. 4. Легкорастворимые соли: а - северный луг; б - западный луг

Почва с максимальным проективным покрытием этого же луга отличается наименьшим содержанием солей в своей толще. Здесь их концентрация не превышает 0,8 %. Следует отметить, что почвы северного луга по общему распределению солей по прикопкам отличаются большей засоленностью по сравнению с почвами западного луга.

Сложение почв северного луга характеризуется большей уплотненностью и однородностью по сравнению с почвами западного луга (рис. 5). Более плотными здесь оказались слои 20-60 см, значение плотности не менее 1,4 г/см³. Наибольшей плотностью отличаются слои 40-60 см в почвах с минимальным проективным покрытием и на северном, и на западном лугах. Данные почвы отличаются более плотным сложением всей 60-сантиметровой толщи. Для северного и западного лугов менее плотными оказались почвы со средним проективным покрытием, почвы же с максимальным проективным покрытием характеризуются практически оптимальными значениями плотности как поверхностных, так и нижележащих слоев. Данный факт подтверждает, что плотность почвы, а точнее ее оптимальные значения играют не последнюю роль при формировании благоприятной почвенной среды для произрастания и развития естественной растительности.

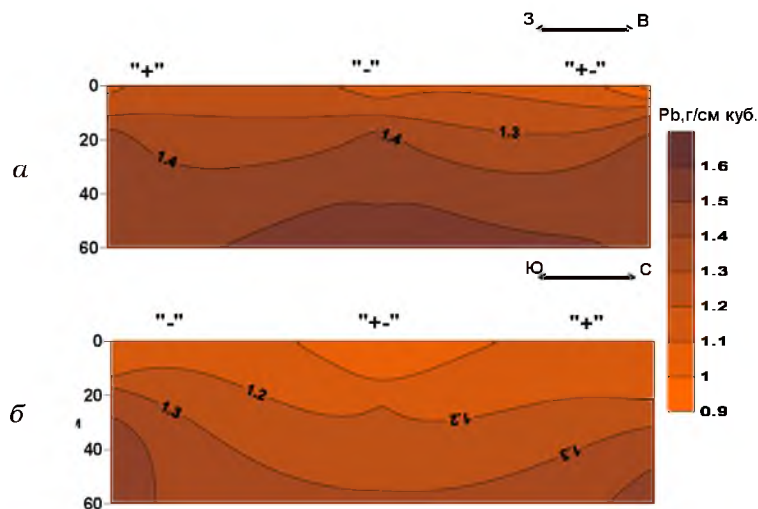


Рис. 5. Плотность почвы: а - северный луг; б - западный луг



Почвы западного луга обладают большей порозностью по сравнению с почвами северного (рис. 6). Наименьшей порозностью как поверхностных, так и нижележащих слоев отличаются почвы с минимальным проективным покрытием обоих лугов, где идет постепенное уменьшение порозности с глубиной. Большими значениями порозности отличаются поверхностные слои почв со средним покрытием, где с глубины 20 см происходит резкое уменьшение порозности, а затем плавное ее уменьшение с глубиной. Почвы же с максимальным проективным покрытием характеризуются относительно небольшими значениями порозности, что играет немаловажную роль при развитии естественной растительности.

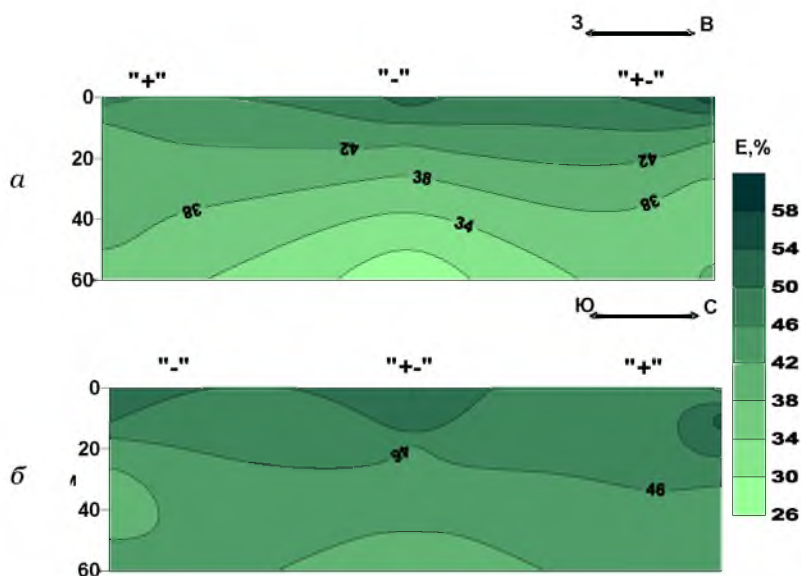


Рис. 6. Порозность почвы: а - северный луг; б - западный луг

Установлено, что луг западной экспозиции бугра Бэра обладает большей продуктивностью естественной растительности и большим проективным покрытием, видовым разнообразием и кормовой ценностью по отношению к лугу северной экспозиции. Исследования зависимости продуктивности почв от их физического состояния, помимо визуальных ботанических наблюдений и общего описания пространственного варьирования свойств по профилю, требуют более детального статистического анализа.

Необходимо провести сравнительную оценку почвенных свойств северного и западного лугов при помощи основных статистических параметров. Среди них чаще всего используют те, которые характеризуют средний уровень случайной величины (среднее значение, мода и медиана) и которые отражают степень вариабельности, изменчивости почвенных свойств (дисперсия, стандартное отклонение и коэффициент вариации) [3]. Был проведен подробный статистический анализ для выборок, составленных по результатам определений для каждого разреза отдельно. Значения данных параметров для почвенных свойств северного и западного лугов приведены в табл. 1 и 2.

Для того чтобы наглядно показать достоверно ли различаются почвы лугов по результатам определений некоторых свойств, был проведен сравнительный анализ непараметрическим методом Краскала – Уолиса, подтвержденный F-тестом (показывает двустороннюю вероятность сходства двух выборок).



Таблица 1

Основные статистические параметры варьирования влажности и содержания легкорастворимых солей в почвах северного и западного лугов *

Статистические характеристики	Влажность почвы, %		Легкорастворимые соли, %	
	Северный луг	Западный луг	Северный луг	Западный луг
Max	16,96	31,13	1,72	4,37
Min	1,89	8,45	0,08	0,05
mean	7,57	20,87	0,84	1,13
med	6,60	21,68	0,71	0,53
se	1,29	1,75	0,13	0,37
S	4,99	6,78	0,49	1,42
D	24,89	45,91	0,24	2,01
kV	65,91	32,47	58,74	125,43
iv	15,07	22,68	1,65	4,33

* mean - среднее значение; med - медиана; Min (Max) - минимальное (максимальное) значение; D - дисперсия; S - стандартное отклонение; kV - коэффициент вариации; iv - интервал варьирования; se - ошибка среднего

Как видно из табл. 1, полевая влажность почв западного луга отличается большими значениями всех статистических параметров за исключением коэффициента вариации, который оказывается меньше почти в два раза. Среднее значение и медиана больше почти в три раза. Ошибка среднего и стандартное отклонение различаются незначительно в сторону увеличения на западном лугу. Следовательно, значения влажности варьируют относительно среднего в обеих выборках практически одинаково, однако если говорить, что значения влажности почв северного луга гораздо ниже, то изменяются они по сравнению со средним намного больше. Это говорит о том, что значения влажности почв западного луга выше и обладают меньшей изменчивостью в пространстве и по профилю по сравнению с почвами северного луга, что в свою очередь, говорит о практически равномерном распределении влажности в почвах западного луга, отсутствии участков с низкой влажностью. Естественная растительность на данном лугу не испытывает проблем с влагообеспеченностью, чего нельзя сказать о растительности почв северного луга, где значения влажности заметно варьируют как в пространстве, так и по профилю. Это подтверждается достаточно большими показателями коэффициента вариации (65,91 %) и стандартного отклонения (4,99 %) относительно среднего значения, которое составляет 7,57 %. Отсюда наличие в почвах участков меньшей и большей влажности обуславливает наличие более низкой продуктивности почв северного луга.

По общему содержанию легкорастворимых солей (ЛРС) почвы обоих лугов практически не имеют отличий, однако почвы западного луга при большем среднем значении (1,13 %) имеют низкое значение медианы (0,53 %), что свидетельствует о преобладании в выборке меньших, по отношению к среднему значений над большими. В почвах северного луга значения среднего и медианы практически одинаковы. Значения ошибки среднего и стандартного отклонения своими низкими показателями говорят о небольшом разбросе вариантов от среднего, что свидетельствует о практически однородном распределении ЛРС в почвах данного луга. Что касается значения коэффициента вариации (58,74 %), который характеризует степень варьирования как очень большую по сравнению с тем же параметром для



почв западного луга (125,43 %), он значительно уступает (более чем в два раза). Такие большие значения коэффициентов вариации не редкость при оценке пространственного распределения ЛРС в почвах. Поэтому следует отметить, что почвы западного луга, обладая значительно большей вариабельностью по содержанию ЛРС, будут оказывать меньшее токсическое воздействие на растительность в целом по территории по сравнению с почвами северного луга, где, как было сказано выше, распределение солей в пространстве более однородно.

Таблица 2

Основные статистические параметры варьирования плотности и порозности почв северного и западного лугов

Статистические характеристики	Плотность почвы, г/см ³		Порозность почвы, %	
	Северный луг	Западный луг	Северный луг	Западный луг
Max	1,60	1,46	57,10	55,61
Min	0,93	1,03	26,76	38,80
mean	1,35	1,24	41,00	46,78
med	1,43	1,19	39,90	45,12
se	0,05	0,04	1,94	1,40
S	0,17	0,15	7,52	5,41
D	0,03	0,02	56,60	29,26
kV	12,90	11,83	18,35	11,56
iv	0,67	0,43	30,34	16,81

По плотности сложения почвы северного луга, как видно из табл. 2, отличаются от почв западного большими значениями всех статистических показателей. Среднее значение, которое характеризует типичные величины, характерные для данной выборки, больше на 0,11 г/см³ и составляет 1,35 г/см³, а медиана равна 1,43 г/см³, говорит о преобладании в выборке больших значений над меньшими. Ошибка среднего, стандартное отклонение и коэффициент вариации различаются незначительно. Учитывая величину среднего значения для почв северного луга, можно предположить, что варьирование значений плотности почв на обоих лугах одинаково как в пространстве, так и по профилю. Однако почвы северного луга обладают большей плотностью сложения, что оказывает негативное влияние на рост и развитие корневой системы растений, отсюда низкая продуктивность почв данных лугов.

Почвы западного луга обладают большей порозностью по сравнению с почвами северного (табл. 3). Среднее значение и медиана выше более чем на 5 %, а минимальное значение составляет 38,80 % по сравнению с минимальным для почв северного луга – 26,76 %. То есть в почвах западного луга преобладают значения выше 40 %, чего нельзя сказать о почвах северного. Высокие значения ошибки среднего и стандартного отклонения для почв северного луга говорят о большем разбросе значений порозности в данных почвах относительно среднего значения, большой размах (30,34 %) и значение коэффициента вариации подтверждают значительную степень варьирования данного признака по профилю и в пространстве.

Это означает, что почвы северного луга обладают участками как с меньшей, так и с большей порозностью, что обуславливает неоднородное развитие растительности по исследуемой территории. Это оказывает негативное влияние продуктивность луга в целом.

Сказанное выше можно дополнить, подтвердив достоверность различий почв лугов северной и западной экспозиций бугра Бэра по некоторым свойствам.

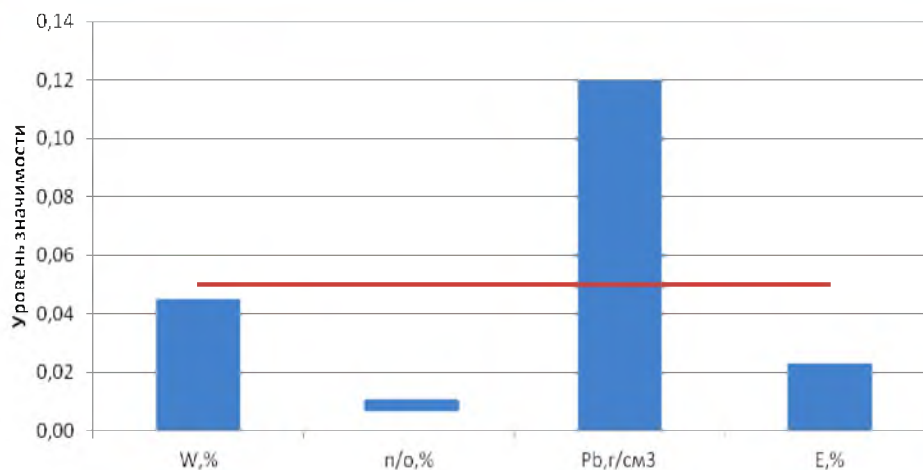


Рис. 7. Диаграммы достоверности различия почвенных свойств между северным и западным лугами

Из рис. 7 видно, что достоверно почвы северного и западного лугов различаются между собой по порозности и содержанию АРС, причем по содержанию солей почвы различаются довольно сильно. Это было заметно и при анализе статистических параметров. По содержанию влаги почвы тоже достоверно отличаются, однако не так явно, как по солям и порозности, хотя анализ статистических параметров показал обратное.

А вот по плотности сложения данные почвы не имеют достоверных отличий. Если при оценке статистических параметров мы говорили об отличии одной почвы от другой по значениям плотности на десятые и сотые доли, то варьирование значений по выборкам и вовсе оказалось одинаковым. Отсюда следует, что достоверных различий данные почвы по плотности сложения не имеют, однако увеличение плотности сложения почв на десятые и сотые доли оказывает влияние на продуктивность растительных сообществ.

Установили, что почвы лугов западной экспозиции бугра Бэра обладают большей продуктивностью и средней высотой травостоя по сравнению с почвами северной экспозиции, находясь практически на одинаковом расположении в рельефе относительно бугра. Выявляли различия в продуктивности между почвами внутри западного и северного лугов. Данные почвы имеют практически одинаковое морфологическое строение почвенного профиля, незначительно отличаясь лишь мощностью генетических горизонтов, наличием и количеством в них новообразований и включений.

Минимальные и максимальные значения водно-физических свойств почв как на северном, так и на западном лугах оказывают негативное влияние на рост и развитие естественной растительности. Данные показатели были зафиксированы на почвах с минимальным и средним проективным покрытием. Почвы с максимальным проективным покрытием отличались оптимальными значениями водно-физических свойств. Естественная растительность здесь отличалась наибольшей высотой травостоя и продуктивностью.

Луговые почвы западной экспозиции бугра отличаются лучшим водно-физическим состоянием, большей влажностью, порозностью, меньшей плотностью сложения и меньшим содержанием АРС по сравнению с почвами северной экспозиции. Это сопровождается установленными в ходе ботанических исследований лучшими показателями по продуктивности растительных сообществ почв западной экспозиции.



Водно-физические свойства оказывают влияние на высоту травостоя, проективное покрытие и продуктивность естественной растительности луговых почв как на уровне почвенного типа, так и на ландшафтном уровне.

ЛИТЕРАТУРА

1. Перевалов, С.Н. Распределение азота и фосфора в почвенно-растительных комплексах дельты Волги [Текст] / С.Н. Перевалов, А.С. Подковырова, Л.В. Яковлева // Матер. IV Всерос. конф. «Актуальные проблемы экологии и сохранения биоразнообразия». – 2010. – С. 109-111.
2. Сорокин, А.П. Программа проведения экспериментов по выявлению деградированных почв [Текст] / А.П. Сорокин. – Астрахань, 2013. – 25 с.
3. Сорокин, А.П. Статистическая обработка результатов в почвоведении [Текст]: учебно-метод. пособие / А.П. Сорокин, С.П. Стрелков. – Астрахань, 2014. – 28 с.
4. Теории и методы физики почв [Текст]: коллективная монография / под ред. Е.В. Шеина, Л.О. Карпачевского. – М.: «Гриф и К», 2007. – С. 571-599.
5. Федотова, А.В. Особенности режима влажности почв луговых местообитаний дельты Волги [Текст] / А.В. Федотова, А.П. Сорокин, Лу Амирхан // Матер. IX Междунар. науч. конф. «Эколого-биологические проблемы бассейна Каспийского моря». – 2006. – С. 105-107.

REFERENCES

1. Perevalov S.N., Podkovyrova A.S., Jakovleva L.V. Raspredelenie azota i fosfora v pochvenno-rastitel'nyh kompleksah del'ty Volgi, Aktual'nye problemy jekologii i sohraneniya bioraznoobrazija [Distribution of nitrogen and phosphorus in soil and vegetation complexes of the Volga delta] Materialy IV Vserossijskoj konferencii, Vladikavkaz, 2010, pp. 109-111 (Russian).
2. Sorokin A.P. Programma provedeniya eksperimentov po vyvavleniyu degradirovannykh pochv [The programme of experiments to identify degraded soils], Astrakhan', 2013, pp. 25 (Russian).
3. Sorokin A.P. Statisticheskaja obrabotka rezul'tatov v pochvovedenii [Statistical analysis of the results in soil science], Astrakhan', 2014, pp. 28. (Russian).
4. Teorii i metody fiziki pochv [Theory and Methods of soil physics], Moscow, 2007, pp. 571-599 (Russian).
5. Fedotova A.V., Sorokin A.P., Amirhan Lu Osobennosti rezhima vlazhnosti pochv lugovyh mestoobitanij del'ty Volgi [Features of soil moisture regime of meadow habitats Volga delta], Jekologo-biologicheskie problemy bassejna Kaspijskogo morja: Mat. IX Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii, Astrakhan', 2006, pp. 105-107 (Russian).