

**Выводы.** Применение сидеральных паров способствует более рыхлому сложению почвы по сравнению с чистым паром; значительно большее содержание в пахотном слое агрономически ценных структурных агрегатов наблюдалось в вариантах с использованием сидеральных паров. Коэффициент структурности также был больше в сидеральных парах; сидеральные пары способствовали существенному накоплению продуктивной влаги почвы по сравнению с чистым паром; использование ярового рапса на сидерат способствовало снижению пораженности растений корневыми гнилями; сравнительно большая урожайность озимой пшеницы отмечается при использовании гречишного сидерального пара.

#### Литература

1. Лыков А.М. Гумус и плодородие почвы / А.М. Лыков. – М.: Московский рабочий, 1985. – 192 с.

2. Аверьянов Г.Д. Пасты плодородия / Г.Д. Аверьянов. – Казань, 1983. – 78 с.
3. Шевченко В.А. Эффективность систем обработки и удобрений под озимую пшеницу в условиях Центрального района Нечерноземной зоны / В.А. Шевченко, О. Золотухина, Н.С. Матюк, С.С. Солдатова // Плодородие. – 2010. – № 2 (53). – С. 42-44.
4. Яхтанигова Ж.М. Применение удобрений и бактериальных препаратов на озимой пшенице / Ж.М. Яхтанигова // В сб.: Проблемы и перспективы инновационного развития агротехнологий. Материалы XIX Международной научно-производственной конференции. ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2015. – С. 64-65.
5. Сафин Р.И. Контроль переуплотнения почвы в ресурсосберегающем земледелии / Сафин Р.И., Хафизов К.А., Зиганшин Б.Г., Валиев А.Р., Миникаев Р.В., Низамов Р.М., Хафизов Р.Н., Сайфиева Г.С., Манюкова И.Г., Ахметзянов М.Р., Каримова Л.З., Дмитриев А.В. / Методические рекомендации. ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», 2018. – С. 16-18.
6. Шрамко Н.В. Роль биологизированных севооборотов в изменении содержания гумуса в дерново-подзолистых почвах Верхневолжья / Г.В. Вихорева // Земледелие. – 2016. – № 1. – С. 14-16.

## PRODUCTIVITY OF WINTER WHEAT USING VARIOUS FALLOW ON GRAY FOREST SOILS UNDER THE CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

M.R. Ahmetzyanov, I.P. Talanov, L.I. Safina (Gataullina)

Kazan State Agrarian University, Karla Marxa ul. 65, 420015 Kazan, Russia,

e-mail: marsel-praktika@mail.ru, [talantow.ivan@yandex.ru](mailto:talantow.ivan@yandex.ru)

The results of studies on the effect of various vapors on winter wheat crops are presented. The experimental work was carried out in 2011-2012. We studied the following options: 1 – black fallow; 2 – sidual fallow (buckwheat); 3 – sidereal fallow (spring rape). The crop rotation link shows the results for black fallow and winter wheat. The studies made it possible to draw the following conclusions: the use of sidereal fallow contributes to a looser soil compilation compared to black fallow, a significantly higher content of agronomically valuable structural aggregates in the arable layer was observed in variants using the sidereal fallow. The structural coefficient was higher in sidual fallow; moreover, sidual fallow contributed to a higher accumulation of productive soil moisture compared to black fallow. The use of spring rape for sidereal fallow contributed to the reduction of root rot damage to plants. A large yield of winter wheat was obtained using sidereal fallow, especially buckwheat.

Key words: biologization, green manure, spring rape, buckwheat, pure steam, winter wheat, soil density, soil structure, productivity.

УДК 631.41

## ИЗМЕНЕНИЕ ЗАСОЛЕНИЯ ПОЧВ ВО ВРЕМЕНИ И В ПРОСТРАНСТВЕ

М.Е. Котенко<sup>1</sup>, д.с.-х.н., А.Е. Сорокин<sup>2</sup>, к.э.н., В.И. Савич<sup>3</sup>, д.с.-х.н.,  
Г.Б. Подволоцкая<sup>3</sup>, Мохаммади Шима<sup>3</sup> (Иран)

<sup>1</sup>Дагестанский государственный технический университет, <sup>2</sup>Московский авиационный институт,  
<sup>3</sup>РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Засоление почв – один из важных показателей их агроэкологического состояния. Однако характер и степень засоления изменяются во времени и в пространстве на разном иерархическом уровне. Это необходимо учитывать при оценке предельно допустимых концентраций солей для системы почва–растение. В связи с разными закономерностями изменения характера и степени засоления почв во времени и в пространстве для отдельных регионов, почв, пород и элементов ландшафта изучение этого вопроса представляет несомненный интерес. В статье приведены данные исследований засоленных почв подгорно-приморских равнин Дагестана. Показано, что характер и степень засоления почв изменяются для почв приморской, центральной и подгорной частей равнины в зависимости от микрорельефа поверхности, сезонной динамики, по профилю почв. Установлена для подгорно-приморских равнин Дагестана смена типов засоления от сульфатного в подгорной равнине до смешанного (сульфатно-хлоридного и хлоридно-сульфатного) в центральной равнине и хлоридного в приморской равнине. Состав солей изменяется по элементам микрорельефа. Во всех исследуемых почвах содержание Na, Cl, SO<sub>4</sub>, Mg больше на возвышенных участках микрорельефа. Концентрация солей в почвах закономерно изменялась вниз по почвенному профилю. Для почв центральной равнины в верхнем гумусовом горизонте тип засоления был гидрокарбонатно-натриевый, а ниже 40 см – сульфатный натрий-магний-кальциевый. Предложены математические уравнения, описывающие изменения засоления вниз по профилю почв. Показана сезонная динамика варьирования характера и степени засоления почв.

Ключевые слова: засоление почв, ландшафтная дифференциация, катена, микрорельеф, сезонная динамика.

DOI: 10.25680/S19948603.2020.112.13

Засоление почв – один из факторов их деградации, в значительной степени влияющий на все компоненты ландшафта [2, 5, 7]. Однако характер и степень засо-

**Плодородие №1•2020**

ления изменяются во времени и в пространстве, что затрудняет разработку оптимальных способов оптимизации экологической обстановки и повышения плодородия

для почв. Состав водной вытяжки, используемой для оценки засоления почв, не соответствует полностью характеру и степени засоления почвенных растворов [6, 10]. Это определяет необходимость дальнейшего изучения этих вопросов на разном иерархическом уровне.

Объект исследования – в основном каштановые почвы разной степени засоленности Терско-Сулакской низменности Дагестана [4, 5] и для сравнения засоленные почвы других регионов [7-9].

**Методика.** Состояла в оценке степени засоления почв на разных элементах мезо- и микрорельефа; в изучении изменения состава солей при разном отношении почва : вода; в анализе сезонной динамики засоления почв [9, 10]; в изучении влияния промораживания почв на состав почвенных растворов и водных вытяжек из почв [4, 5, 9, 10].

**Результаты и их обсуждение.** Засоление верхнего слоя почв изменяется во времени и в пространстве в связи с процессами испарения и миграции микроорганизмов, твердой и жидкой фаз почв, минералов; движением вод к слою с большей концентрацией солей, под действием капиллярных сил, изменением влажности и температуры локальных участков почв и в связи с изменением содержания  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$ ,  $NH_3$ , метана, в том числе, при изменении давления и скорости движения воздушных масс. При этом направление и скорость движения твердой фазы почв, водных и воздушных масс замедляются при совместном воздействии на систему физических полей с разными векторами направленности [12, 13, 16].

1. Характер и степень засоления почв зависят от их расположения по рельефу как в вертикальной зональности, так и при разнице высот от 20 до 500 м.

Проведенными исследованиями выявлены закономерности изменения характера и степени засоления почв с увеличением абсолютной высоты местности от приморских равнин до предгорных. На основании многолетних исследований для подгорно-приморских равнин Дагестана установлена пространственная смена типов засоления: от сульфатного в подгорных равнинах до смешанного (сульфатно-хлоридного и хлоридно-сульфатного) в центральной равнине и хлоридного в приморской равнине. При этом степень и характер засоления почв в зависимости от макро- и микрорельефа определялись: закономерной сменой с высотой местности почвообразующих пород, показателей водного и теплового режимов почв, уровня засоления грунтовых вод, увеличением расстояния от Каспийского моря, влияющего на аэральный перенос солей. На подъем и опускание солевых горизонтов в почвах влияет и литологический состав почв и пород, определяющий изменение гравитационного поля с высотой местности.

По полученным данным, по мере удаления почв от побережья Каспийского моря в западном направлении степень их засоления уменьшалась. Это обусловлено более глубоким залеганием грунтовых вод и меньшей из засоленностью на почвах предгорной равнины, по сравнению с почвами приморской равнины, увеличением количества выпадающих осадков и меньшим привнесом солей с моря в почвы предгорной равнины, по сравнению с приморской равниной. Соответственно с удалением от моря увеличилось удельное электрическое сопротивление почв от 0 на расстоянии 20 км от моря до  $200 \text{ Ом/м}^2$  на расстоянии 80 км. При этом вели-

чина электрического сопротивления почв существенно зависела от влажности почв, их гранулометрического состава и степени гумусированности.

При продвижении к морю происходит смена геологических отложений от более древних – плиоцена N до современных –  $Q_4$ , которые представлены морскими наносами, в том числе песками. В результате от моря к горам утяжеляется гранулометрический состав отложений. Также происходит уменьшение засоленности геологических отложений при продвижении к югу и удалении от береговой линии.

Неоднородность равнины проявляется в первую очередь в неравномерности распределения осадков: с увеличением расстояния от береговой линии количество осадков возрастает от 300 до 700 мм/год. Почвы подгорной равнины промыты от легкорастворимых солей на большую глубину, чем почвы приморской равнины и центральной части. Мощность бессолевого горизонта уменьшается при движении по направлению к морю.

В исследованиях установлено, что электропроводность почв зависит не только от степени засоления, но и от влажности и степени гумусированности почв, что необходимо учитывать при интерпретации данных вертикального электрического зондирования.

2. Характер и степень засоления почв различаются для почв, развитых на разных элементах катены (на плато, склонах и в депрессиях). Содержание минералов, водорастворимых соединений ионов в значительной степени изменялось в пределах катены. Так, по полученным нами совместно с Каба Рами данным, для красных слитых почв Сирии содержание положительно и отрицательно заряженных соединений натрия составляло в автономных почвах 43,8 мг/100 г, в транзитных – 36,1 и в аккумулятивных – 32,6 мг/100 г. При этом в транзитных почвах по сравнению с водоразделом содержание отрицательно заряженных комплексных соединений натрия больше на 1 мг/100 г; положительно заряженных – уменьшилось на 8,3 мг/100 г, в аккумулятивной части катены эти величины составляли, соответственно, +9,0 и -3,0 мг/100 г [3, 10].

3. Характер и степень засоления почв зависят от микрорельефа территории. В зоне сухих степей микрорельеф поверхности существенно влияет на засоление верхних горизонтов и биопродуктивность угодий. На разных элементах микрорельефа формируются темно-каштановые, каштановые и светло-каштановые почвы различной степени засоления и солонцеватости, а в отдельных случаях гидроморфности. Однако в почвенных провинциях и фациях закономерности развития засоленных почв определенного характера и степени засоления и солонцеватости различаются. Это определяется сочетанием факторов почвообразования на разном иерархическом уровне и долей их влияния на рассматриваемые процессы.

Показано [4], что в северной части Прикаспийской низменности на тяжелосуглинистых почвах распространено три типа солонцовых комплексов: неконтрастные (двучленные) со сглаженным микрорельефом, контрастные (трехчленные) с выраженным микрорельефом и контрастные (трехчленные) со сглаженным микрорельефом.

Исследования показали, что современный микрорельеф с наличием глубоких западин выражен только в тех частях низменности, где в солонцах почвенного

комплекса имеется рыхлый «псевдопесчаный» подсолонцовый горизонт с плотностью до  $1,3 \text{ г/см}^3$ , образование которого обусловлено разрыхляющим действием  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .

Первый тип комплексов формируется преимущественно при хлоридном засолении пород. Второй и третий типы комплексов образуются при преимущественно сульфатном засолении и обязательном наличии микрорельефа в настоящем или в прошлом.

Изучали солончаки, развитые на бугорках, обусловленные особенностями корневой системы растений [1]. В навеянном материале отмечалось повышенное содержание гумуса. Северные микросклоны бугорков более увлажнены, весной и летом на них была ниже степень засоления (1,5% плотного остатка), на южных склонах – 2,5%. Тип засоления – сульфатно-хлоридный; весной и осенью на южном микросклоне хлориды значительно превышали содержание сульфатов.

Отмечены существенные различия в характере и степени засоления, путей миграции солей в каштановых почвах на разных элементах микрорельефа. Это определяет недостатки комплекса параметров по оптимизации обстановки, оцениваемой только по типичному разрезу при обобщении свойств в рамках обширного геоморфологического элемента [7].

С нашей точки зрения, в ландшафте, катене и в почвенном профиле следует выделять геохимические барьеры сорбции отдельных солей. При этом при оценке миграции солей в почвенном профиле и в соответствии с микрорельефом поверхности, глубиной залегания горизонтов, смены пород, УГВ необходимо учитывать и сосущую силу корней произрастающих растений, и селективность сорбционных центров корней к отдельным ионам.

В проведенных исследованиях для почв Дагестана установлено, что магния, натрия, хлора и сульфат-ионов во всех исследуемых почвах больше на возвышенных участках микрорельефа. Видимо, идет подтягивание солей к более прогреваемому слою; соотношение  $\text{Cl}/\text{SO}_4$  показывает направление движения солей (закон Польшова-Философова). По полученным данным, среднее значение коэффициента  $\text{Cl}/\text{SO}_4$  в почвах на пониженных участках в 2,7 раза выше, чем на повышенных (соли передвигались с повышенных участков в пониженные). В почвах на микроповышениях в верхних слоях рассматриваемый коэффициент увеличивался, что свидетельствует о миграции солей в поверхностный слой из горизонта 10–40 см. В почвах на пониженных участках возможно движение солей только вниз по профилю, что подтвердило и увеличение соотношения  $\text{Cl}/\text{SO}_4$ .

В исследованиях, проведенных совместно с Х.А. Амергузиным [11, 15], для каштановых почв Казахстана установлена минерализация грунтовых вод 1–1,5 г/л. На разных элементах рельефа выделяются гидрокарбонатные воды, гидрокарбонатно-натриево-кальциевые и сульфатно-натриевые, гидрокарбонатно-хлоридно-натриевые с минерализацией до 6 г/л. При оценке степени засоления почв необходимо определять депонирующую способность почв к солям.

Максимальное содержание легкорастворимых солей отмечается в верхнем гумусовом горизонте с их снижением вниз по профилю, что говорит о поверхностном типе засоления.

По плотному остатку выявлена четкая дифференциация верхних горизонтов почв по микрорельефу: на микроповышениях легкорастворимых солей больше, чем на понижениях. Эта разница может составлять от 50 до 100% и значительно больше.

Анионы в водной вытяжке исследуемых почв убывают в следующем порядке:  $\text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{HCO}_3^-$ . Для катионов ряд убывания такой:  $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} \geq \text{Ca}^{2+}$ . Установлено, что магния, натрия, хлора и сульфат-ионов во всех исследуемых почвах больше на возвышенных участках. Видимо, идет подтяжка солей в связи с высокой прогреваемостью повышенных участков микрорельефа.

Показано, что водный режим почв обусловлен не только климатом, но и растительностью, рельефом, почвообразующими породами [14]. Растительный покров определяет испарения из почв, развитие эрозии, а следовательно, стекание воды по склону, подтягивание вод к основной массе корней как из нижней части профиля почв, так и из верхней, увеличивая локальный промывной режим верхних горизонтов.

Почвообразующие породы определяют восходящие и нисходящие потоки воды, высоту капиллярного поднятия, фильтрационную способность.

Рельеф влияет на водный режим не только в пределах катены, но и в связи с различием на мезо- и микроуровне в ландшафте, при этом большое значение имеет и «рельеф» уровня грунтовых вод, смены горизонтов.

Варьирование степени и характера засоления в пространстве обусловлено изменением УГВ, гранулометрического состава, микро- и макрорельефа, гумусированности, емкости поглощения по всем типам сорбции и градиентами физических полей, обуславливающих миграцию солей [13].

Дифференциация характера и степени засоления по микрорельефу обусловлена уровнем пресных и соленых грунтовых вод, их изменением в пространстве, изменением в пространстве гранулометрического состава почв, а следовательно, показателей водопроницаемости и капиллярного поднятия, сорбционными свойствами почв к отдельным солям, температурами поверхности и ее изменением в пространстве.

Контрастность степени засоления в пространстве свидетельствует об устойчивости почв к изменению климатических и антропогенных факторов. По данным [1], минимальный временной коэффициент контрастности 0,1–0,2 говорил о максимальной устойчивости почв к засолению, градиент контрастности до 1,7–2,8 свидетельствовал о слабой устойчивости почв к засолению и депрессии.

4. В проведенных исследованиях показано, что тип засоления в подгорной и приморской частях равнин не изменяется по почвенному профилю, а в почвах центральной равнины он в верхних горизонтах гидрокарбонатно-натриевый, ниже 30 см – сульфатный натрий-магний-кальциевый. По данным, полученным для других регионов, свойства почв существенно изменяются не только в пределах почвенного профиля, но и отдельных горизонтов. Так, в солончаке в горизонте  $A_1$  восстановительная способность почв ( $\text{мг-экв/см}^2 \cdot 10^3$ ) составила  $12,97 \pm 1,1$ , а в горизонте В –  $13,7 \pm 1,5$ ; pH  $7,6 \pm 0,09$ ; Eh –  $172,8 \pm 7,5$  мВ по ХСЭ [4, 5, 9].

На исследуемой территории Дагестана установлены три типа движения солей по почвенному профилю в сезонной динамике: отсутствие передвижения в пределах профиля (стабильность засоления); рассоление до

глубины 60-80 см; засоление верхних горизонтов 0-10 см – это сезонное явление, так как соли в летний период подтягиваются к поверхности. Соли, находящиеся в почвенных растворах, испаряются из почв и мигрируют в нижние горизонты и за пределы почвенного профиля. Засоление отдельных горизонтов связано с испарением засоленных грунтовых вод, с миграцией солей вниз с осадками и при орошении, с привносом солей с моря и с других зон их аккумуляции.

По мере перемещения грунтовых вод происходят их последовательное насыщение различными солями, содержащимися в пересекаемой толще грунтов, и затем, при испарении выпадение в осадок. Из менее соленых вод выпадают, прежде всего, труднорастворимые соли (карбонат кальция, сульфат кальция), а из более соленых – легкорастворимые (сульфаты магния и натрия, хлориды натрия, магния и нитраты натрия).

Это определяет закономерности пространственного расположения засоленных горизонтов: чем менее растворима соль, тем быстрее она выпадает в осадок. Чем ближе горизонт к поверхности, тем более растворимые соли появляются в осадке. Если грунтовые воды залегают близко к поверхности (до 1 м), то при сильном испарении происходит одновременная разгрузка легко- и труднорастворимых солей.

По гумусу и составу обменных оснований не обнаружено связей с формами микрорельефа.

Пониженные участки прогреваются меньше, в них больше воды и поэтому преобладает миграция солей вниз по профилю. Движение солей вверх к слою с более высокой температурой возможно только при большом градиенте температуры, что захватывает в наших почвах только слой 0-10 см. Следовательно, легко- и труднорастворимые соли могут накапливаться в верхних горизонтах почв микропонижений при миграции их с повышенных участков или за счет аэриального привноса. Капиллярный подток из нижних горизонтов маловероятен, так как коэффициент  $Cl/SO_4$  увеличивается вниз по профилю почв на пониженных участках.

Состав легкорастворимых солей в почвах приморской и подгорной частей равнин не изменяется по почвенному профилю.

Выявлена закономерность изменения солевого состава в почвах подгорной части равнин, которая варьирует по почвенному профилю. В почвах центральной равнины, как экотонной зоны, тип засоления изменяется в зависимости от удаления от морского побережья и по профилю почвы с глубиной: в верхних гумусовых горизонтах тип засоления гидрокарбонатно-натриевый, а ниже 40 см сульфатный натрий-магний-кальциевый.

Если глубину, на которой происходит выравнивание конкретного свойства почвы (глубина стабилизации) принять за условную меру схожести, то существует пропорциональная связь со степенью различий в верхних горизонтах, обусловленных микрорельефом и степенью различий самих профилей: чем больше разница по глубине стабилизации, тем выше N.

N вычисляется как отношение концентрации солей в почвах на повышениях к их концентрации на пониженных участках.

На основе проведенных расчетов N установлено, что рассоление профиля идет до 70 см – глубины ежегодного весеннего промачивания почв, на которую выносятся соли из верхних горизонтов. Выявленная закономер-

ность – накопление солей в поверхностных горизонтах, а затем вымывание из них – позволяет установить источник засоления данной территории. Наиболее возможный источник – принос солей с Каспийского моря нагонно-сгонными явлениями.

По полученным данным, на миграцию веществ в почвенном профиле значительно влияет и газовый состав почв. Состав почвенного воздуха определяет растворимость осадков в почве. Увеличение содержания  $CO_2$  привело к росту растворимости  $CaCO_3$  и  $MgCO_3$ .

Значительные изменения степени засоления почв по профилю отмечены и для засоленных почв Ирана. Так, в разрезе 3 на глубине 0-20 см, 20-45 и 115-150 см величина SAR составляла, соответственно, 69,8; 60,3 и 32,6; для разреза 6, соответственно, 34,2; 41,7 и 40,6; для разреза 17 в слое 0-20 см SAR равна 21,5; 25-50 см – 75,6 и 100-150 см – 75,9 [14, 15].

Степень засоления горизонтов коррелировала и с цветовой гаммой почв, оцениваемой методом компьютерной диагностики в цветовой системе СМУК.

По полученным данным, для засоленных серо-бурых почв Ирана верхний слой 0-10 см и засоленный 40-50 см характеризовались цветовой гаммой в системе СМУК, соответственно, С –  $59,7 \pm 0,9$  и  $53,7 \pm 1,5$ ; М –  $59,3 \pm 0,7$  и  $53,3 \pm 0,7$ ; Y –  $89,7 \pm 1,8$  и  $93,3 \pm 0,3$ ; К –  $69,7 \pm 2,9$  и  $42,0 \pm 3,3$ . При значительном увеличении в засоленном слое светлоты, желтизны и уменьшении интенсивности черного цвета [15].

В лугово-солонцевато-солончаковой почве Башкирии в засоленном слое по сравнению с верхним незасоленным слоем интенсивность цветов в цветовой системе СМУК изменялась: С – от  $52,5 \pm 0,5$  до  $29,5 \pm 0,5$ ; М – от  $56,3 \pm 0,5$  до  $40,5 \pm 0,6$ ; Y – от  $74,8 \pm 0,6$  до  $71,1 \pm 0,8$ ; К – от  $40,0 \pm 1,3$  до  $4,3 \pm 0,5$  [10].

В работе применено 15 формул парной корреляции и установлены закономерности изменения свойств почв вниз по профилю, с использованием уравнений регрессии выяснены взаимосвязи между свойствами почв, которые определяют устойчивость почв к деградации. Изменение исследуемых свойств почв по почвенному профилю иллюстрируется данными таблицы.

**Взаимосвязь физико-химических свойств почв Терско-Сулакской низменности**

Глубина взятия образца почвы, см	Гумус, %	S, мг- экв/100 г	Ca	Mg	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
			мг/100 г			
Лугово-солончаковая почва						
0-30	2,4±0,6	33,9±2,5	30,4±2,1	2,2±0,5	2,0±0,8	36,2±7,1
30-80	0,9±0,2	37,2±3,8	36,5±1,6	1,8±0,2	1,0±0,1	19,5±3,3
Лугово-каштановая почва						
0-30	3,4±0,4	45,8±0,2	42,2±0,8	3,3±0,3	2,9±0,7	47,0±0,1
30-80	1,8±0,3	38,2±1,6	41,1±1,0	3,0±0,3	1,2±0,1	28,7±2,4

Отдельные уравнения подходят для описания изучаемых зависимостей с разной точностью. Так, для каштановой почвы изменение свойств по почвенному профилю лучше описывалось следующими уравнениями:

$$Mg = 11,8 - 6,2 \lg H \text{ см}; r = -0,84;$$

$$Na = 1/[0,42 + 12,4 \exp(-H \text{ см})]; r = 0,45;$$

$$K_2O = 1/[0,75 + 37,1 \exp(-H \text{ см})]; r = 0,45;$$

$$\text{Гумус} = 4,0 + 55,7 (H \text{ см})^{-2}; r = 0,30.$$

Выявлены математические закономерности изменения свойств подгорно-приморских равнин Западного Прикаспия по почвенному профилю. Предлагается учитывать их как компонент информационной оценки плодородия почв и критерий классификационной принадлежности почв.

Свойства, процессы и режимы почв проявляются в их морфологических признаках, в цветовой гамме почв в цветовых системах CMYK, Lab, RGB, в соотношении цветов для оценки степени гумусированности почв, развития эрозии, формы перехода горизонтов, формы и размера пор и структурных отдельностей.

Предлагается использование номограмм цветовой гаммы почвенного профиля и цветовой гаммы при разном соотношении горизонтов для оценки степени развития ветровой эрозии. Как известно, отражательная способность хорошо идентифицирует и степень засоления почв [8, 10].

5. В проведенных исследованиях установлены закономерности изменения исследуемых почв, характера и степени их засоления в сезонной динамике. Показана целесообразность изучения многолетней и сезонной динамики свойств почв при их агроэкологической оценке [14].

Сезонная динамика солей в засоленных почвах Терско-Кумской низменности изучена в солончаке типичном и луговой солончаковой почве. В луговой солончаковой почве содержание солей в корнеобитаемом слое значительно меньше, чем в солончаке в течение всего изучаемого периода: 0,2-0,6 и 2-4% соответственно. Соли распределены до глубины 60 см. В весенние месяцы максимум сохраняется постоянно в течение вегетационного периода, а в луговой почве он отмечается на глубине 50 см.

Высокое содержание легкорастворимых солей в почвах Терско-Кумской низменности определяет их высокую сезонную динамику по абсолютным значениям, но только в верхних горизонтах.

В нижних горизонтах на глубине 40-50 см сезонная динамика солей по многим показателям сравнима в луговой почве и солончаке. Это означает, что на глубине 40-50 см луговой солончаковой почвы идет перекачка солей «вверх-вниз» за год в больших масштабах, чем их минимальное содержание в горизонте. В солончаке такой активный обмен происходит только в поверхностном слое, в системе атмосфера (включая растения) – почва.

Одна из особенностей опустынивания подгорно-приморских равнин – увеличение роли привноса солей ветром с моря (импульверизация) и накопления их в верхнем слое почвы. Часть солей выпадает в осадок, образуя скопления в виде новообразований; становится потенциально опасной ветровая эрозия.

Сезонная миграция солей ограничивается интервалом во времени и по этой причине имеет обратимый характер.

При взаимодействии илистых фракций монтмориллонитовых и каолининовых систем с растворами легкорастворимых солей происходят два разных процесса: замещение обменных катионов в поглощенном комплексе на катионы из раствора и образование новых минеральных фаз. Легкорастворимые соли не только мигрируют по почвенному профилю в течение года, но и осаждаются в форме мелких кристаллов, образуя новую минеральную матрицу в почве. Солевая матрица

изменяет гидросорбционные свойства почвы и увеличивает микропористость. Но эта матрица непостоянная и переходит в подвижное состояние при появлении токов воды (осадки, промывные воды, капиллярный подъем грунтовых вод).

Анализ собственных и литературных данных показывает, что влияние характера и степени засоления на свойства почв и их плодородие зависит от соотношения в почвенных растворах катионов и анионов, влажности, температуры, гумусового состояния, гранулометрического и минералогического состава почв, от взаимосвязей между свойствами почв и закономерностей смены характера и степени засоления во времени и в пространстве.

При исследовании особенностей засоления почв других регионов установлено, что при загрязнении в незамерзшей части содержание железа (мг/л) увеличивалось от 1,8 до 2,8,  $K_2O$  – от 2,6 до 7,9. Изменение степени засоления почв в сезонной динамике и по годам описывалось петлей гистерезиса. Для хлоридов при значительной доле в почвах монтмориллонита она убывала в следующем порядке:  $CaCl_2 > NaCl > MgCl_2$ , а при значительной доле каолинита:  $CaCl_2 > MgCl_2 > NaCl$ .

**Выводы.** Полученные данные подтвердили, что характер и степень засоления почв изменяются во времени и в пространстве. Установлено их изменение в подгорно-приморских равнинах Дагестана при превышениях высот от 20 до 500 м, в зависимости от микрорельефа, в катене, по профилю почв, в сезонной динамике – от влажности, температуры, степени разбавления растворов. Эти закономерности необходимо учитывать при оценке степени засоления земель с учетом структуры почвенного покрова, в сезонной динамике, при оценке засоления по составу водной вытяжки из почв.

Характер и степень засоления почв изменяются:

- на разных элементах ландшафта. В подгорных равнинах Дагестана отмечается сульфатное засоление, в центральной равнине – сульфатно-хлоридное и хлоридно-сульфатное, в приморской – хлоридное, что коррелирует с гидротермическими условиями территории, почвообразующими породами, растительностью, преобладающими почвами;

- в зависимости от микрорельефа поверхности, что определяется гидротермическими условиями участков, преобладающими ассоциациями, гранулометрическим составом и емкостью поглощения почв, уровнем пресных или соленых грунтовых вод. По полученным данным, магния, натрия, хлора и сульфатов во всех исследуемых почвах было больше на повышенных участках микрорельефа. Отношение  $Cl/SO_4$  в почвах на пониженных участках было в 2,7 раза выше, чем на повышенных;

- с глубиной почвенного профиля. Эта закономерность характерна как для отдельных типов, так и для более мелких таксономических единиц почв. Предлагается оценка этих закономерностей по математическим уравнениям, по цветовой гамме горизонтов методами компьютерной диагностики в цветовых системах CMYK, Lab, RGB;

- в сезонной динамике, что необходимо учитывать при агроэкологической оценке засоления земель. Эти изменения в значительной степени обусловлены закономерностями сорбции и миграции солей от влажности,

температуры, емкости поглощения почв и их минералогического состава.

#### Литература

1. Гасанова, З.У. Динамика засоления почвенного покрова и целесообразность мелиорации / З.У. Гасанова // В сб. Доклады VII съезда почвоведов им. В.В. Докучаева. – Москва – Белгород. – 2016. – ч.2. – С.392-393.
2. Залибеков, З.Г. Процессы опустынивания и их влияние на почвенный покров / З.Г. Залибеков. – М.: Из-во РАН, 2000. – 220 с.
3. Каба Рами. Влияние минералогического состава на свойства красноватых ферралитных почв Сирии. – М.: РГАУ-МСХА, 2008 – 20 с.
4. Коношкова, М.В. Особенности микрорельефа и свойства почв солонцового комплекса на поздних стадиях развития в Прикаспийской низменности // М.В. Коношкова // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. – 2016. – №83. – С. 53-76.
5. Котенко, М.Е. Влияние микрорельефа на засоление почв полупустыни / М.Е. Котенко, Т.А. Зубкова // Почвоведение. – 2008. – №16. – С.1171-1178.
6. Котенко, М.Е. Химические свойства почв Терско-Сулакской низменности Республики Дагестан / М.Е. Котенко, Т.А. Зубкова // Вестник Алтайского аграрного университета. – 2009. – №12(2). – С.21-24.
7. Минкина, Т.М. Карбонатно-кальциевое равновесие в системе вода – почва / Т.М. Минкина, А.П. Ендовицкий, В.П. Калинин. – Ростов-на-Дону, 2012. – 376 с.
8. Орлов, Д.С. Количественные закономерности отражения света почвами. Зависимость между коэффициентом отражения и содержанием солей в почвах / Д.С. Орлов, А.П. Герейзаде, Н.Н. Осипова // Биологические науки. – 1980. – №5. – С.88-92.
9. Савич, В.И. Химическая автография системы почва-растение / В.И. Савич, В.Г. Сычев, Е.В. Трубицина. – М.: ВНИИА, 2001. – 273 с.
10. Савич, В.И. Агрономическая оценка отражательной способности системы почва-растение методом компьютерной диагностики / В.И. Савич, Р.Ф. Байбеков, Д.Н. Егоров. – М.: РГАУ-МСХА, 2006. – 216 с.
11. Савич, В.И. Физико-химические основы плодородия почв / В.И. Савич. – М.: МНЭПУ, 1996. – 108 с.
12. Седых, В.А. Агроэкологическая оценка почвообразовательных процессов / В.А. Седых, В.И. Савич. – М.: ВНИИА, 2014. – 400 с.
13. Савич, В.И. Агроэкологическая оценка геофизических полей / В.И. Савич, М.А. Мазиров, В.А. Седых. – М.: ВНИИА, 2016. – 492 с.
14. Савич, В.И. Локальное протекание почвообразовательных процессов как фактор корректировки моделей плодородия почв / В.И. Савич, В.Д. Наумов, М.Е. Котенко // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2017. – №1. – С.49-53.
15. Савич, В.И. Агроэкологическая оценка изменения засоления почв во времени и в пространстве / В.И. Савич, В.А. Черников, Н.М. Садуакасов // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2018. – №2(362). – С.45-48.
16. Сладкопеев, С.А. Геоэкологическая картография / С.А. Сладкопеев. – М.: МНЭПУ, 1996. – 108 с.

### CHANGE IN SOIL SALTATION IN TIME AND IN SPACE

**M.Ye. Kotenko<sup>1</sup>, A.Ye. Sorokin<sup>2</sup>, V.I. Savich<sup>3</sup>, G.B. Podvolotzkaya<sup>3</sup>, Mohammadi Shima<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Daghestan State Technical University, Imama Shamilya pr. 70, 367026 Mahachkala, Russia;

<sup>2</sup>Moscow Aviation Institute, Volokolamskoe sh. 4, 125993 Moscow, Russia;

<sup>3</sup>RSAU-Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya ul 49, Moscow, 127550, Russia

*Salinization of soils is one of the important indicators of their agroecological state. However, the nature and degree of salinity change in time and space at different hierarchical levels. This must be taken into account when assessing the maximum permissible salt concentrations for the soil-plant system. In connection with different laws of changes in the nature and degree of salinization of soils in time and space for individual regions, soils, rocks and landscape elements, the study of this issue is of undoubted interest. The article presents research data on saline soils of the foothill-coastal plains of Dagestan. It is shown that the nature and degree of salinization of soils naturally change for soils of the coastal, central and piedmont parts of the plain depending on the surface microrelief, seasonal dynamics, and soil profile. A regular change in the types of salinization from sulphate in the foothill plain to mixed (sulphate-chloride and chloride-sulphate) in the central plain and to chloride in the coastal plain has been established for the foothill-coastal plains of Dagestan. The composition of salts varies according to the microrelief elements. In all the studied soils, the content of Na, Cl, SO<sub>4</sub>, Mg is higher in the elevated areas of the microrelief. The concentration of salts in the soils naturally changed down the soil profile. For the soils of the central plain in the upper humus horizon, the type of salinization was sodium bicarbonate, and below 40 cm – sulfate of sodium-magnesium-calcium. Mathematical equations are proposed that describe changes in salinity down the soil profile. The seasonal dynamics of changes in the nature and degree of salinization of soils is shown.*

**Key words:** soil salinization, landscape differentiation, catena, microrelief, seasonal dynamics.