

УДК 631.4

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ЗАСОЛЕНИЯ НА МОЛОДОЙ ПРИМОРСКОЙ СОЛОНЧАКОВОЙ РАВНИНЕ ПРИКАСПИЯ

© 2018 г. М. В. Конюшкова^{1,2,*}, С. Алавипанах³,
А. Абдоллахи³, С. Хамзех³, А. Хидари³, М. П. Лебедева^{2,**},
Ю. Д. Нухимовская⁴, И. Н. Семенов¹, Т. И. Чернов²

¹МГУ им. М.В. Ломоносова, Россия, 119991 Москва, Ленинские горы

* <https://orcid.org/0000-0002-7050-3741>, e-mail: mkon@inbox.ru

²Почвенный институт им. В.В. Докучаева,

Россия, 119017, Москва, Пыжевский пер., 7, стр. 2

** <https://orcid.org/000-0001-8660-9922>, e-mail: m_verba@mail.ru

³Университет Тегерана,

Иран, Тегеран, ул. Весал Ширази, аллея Азин,

e-mail: saeid.hamzeh@ut.ac.ir

⁴Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН,

Россия, 119071 Москва, Ленинский пр-т, 33

e-mail: ydnuhim@gmail.com

Поступила в редакцию 03.10.2018, после доработки 25.10.2018,

принята к публикации 15.11.2018

Изучена в детальном масштабе пространственная картина засоления на молодых суглинистых приморских равнинах Прикаспия в России и Иране, освободившихся из-под воды в недавнем прошлом (менее 300 лет назад). На двух ключевых участках размером 45×30 (Россия) и 25×20 м (Иран) по случайно-регулярной сетке с переменным шагом от 1 до 5 м заложены скважины глубиной 1 м, измерена электропроводность в образцах (1 : 2.5) и составлены картограммы засоления. Почвы представлены гидроморфными солончаками (2–3% солей в поверхностном горизонте) и сильнозасоленными почвами (с опресненными поверхностными 5–10 см) с уровнем грунтовых вод 2–2.5 м. Изученные участки различаются по климату, микрорельефу, растительному покрову, однако пространственная дифференциация почв по засолению происходит сходным образом, что подтверждается сходством распределений (средних значений и дисперсии) электропроводности практически по всем изученным слоям. Процессу перераспределения солей подвержены верхние 50 см почв, максимально проявляясь в слое 0–5 см.

Ключевые слова: солончаки, марши, лагуны, субаэральное развитие, эволюция почв, засоление, микрорельеф

DOI: 10.19047/0136-1694-2018-95-41-57

ВВЕДЕНИЕ

Комплексность почвенного и растительного покрова является характерной чертой Прикаспийской низменности и отмечалась еще самыми первыми исследователями этого региона (Докучаевым, Костычевым, Земятченским, Богданом, Бессоновым, Неуструевым). К настоящему времени сформировалось несколько основных гипотез формирования комплексного почвенного покрова Прикаспия: фитогенная, зоогенная, топогенная, палеокриогенная ([Абатуров, Зубкова, 1972](#); [Геннадиев, 1990](#); [Иванова, 1930](#); [Николаев и др., 1995](#)).

Однако в подавляющем большинстве случаев при изучении генезиса неоднородности исследователи сталкиваются с уже существующей на момент исследования неоднородностью и в дальнейшем строят свои гипотезы на основе реконструкции и аналогии. Хотя мониторинг состояния почвенно-растительного покрова Прикаспия с учетом пространственной структуры ландшафта, основанный на их изучении в разные периоды времени, показал, что микрорельеф, почвы и растительность очень динамичны и меняются как сами по себе, так и связь между ними со временем может проявляться как в сильной, так и в слабой степени ([Хитров, 2005](#); [Khitrov et al., 2018](#)).

С точки зрения изучения пространственно-временной динамики почвенного покрова Прикаспия интересным и перспективным объектом являются молодые приморские равнины Каспийского моря, образованные в результате изменения уровня моря и характеризующиеся возрастом субаэрального развития от 0 до нескольких сотен лет.

Эволюция почвенного покрова в молодых лагунно-маршевых системах Прикаспия описана в работах Геннадиева и др. ([1998](#)), Касимова и др. ([2016](#)) на примере песчаных приморских равнин южного Дагестана (Турали). Здесь основной тренд развития почвенного покрова при отступании моря и опускании уровня грунтовых вод – это формирование однородного почвенного покрова со слабо развитыми песчаными почвами. По-видимому, такая картина типична для легких отложений и относительно крутых берегов Каспийского моря (high energy environments) вблизи Кавказского хребта.

При исследованиях эволюции почв на суглинисто-глинистых отложениях северодагестанского побережья (Кочубей) (low energy environments) показано, что на первичной приморской равнине

возрастом 100–300 лет происходит дифференциация почвенного покрова по засоленности: в 31% случаев соли наблюдаются с поверхности, в 5% – в слое 0–3 см, в 57% – в слое 3–50 см и ниже, в 7% случаев почвы не засолены в верхнем метре ([Можарова, Федоров, 1984](#)). В данной работе не рассматриваются причины появления подобной неоднородности.

Пока, на наш взгляд, остается открытым вопрос: каким образом происходит дифференцирование почвенного покрова на самых ранних стадиях его эволюции после отступления моря и каков механизм этого процесса?

В настоящей работе была осуществлена попытка оценки пространственной дифференциации почв по засолению на молодых (десятки и сотни лет) приморских равнинах Прикаспия на основе детального картографирования засоления почв.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Изучено два ключевых участка, расположенных на территории Республики Дагестан (Россия) и провинции Голестан (Иран) на высотных отметках около 25–26 м ниже ур. м. (рис. 1).

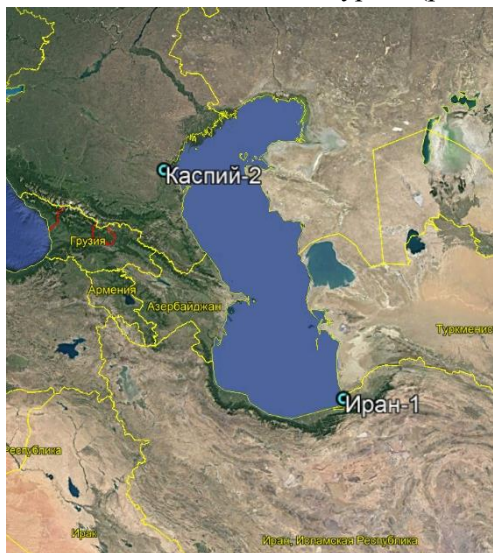


Рис. 1. Расположение ключевых участков.

Участки отбирали с соблюдением следующих критериев: су-глинисто-глинистые отложения, отсутствие песчаных наносов и эоловых мезоформ рельефа, отсутствие речных и дельтовых форм рельефа, находятся за пределами последней трансгрессии Каспийского моря 1990-х годов. Координаты ключевого участка Каспий-2 (Россия) – 44.5529 N, 46.6769 E, абс. высота – 25.8 м*; Иран-1 (Иран) – 37.1754 N, 54.0677 E, абс. высота – –25.2 м. Российский участок “Каспий-2” расположен в 20 км на ССВ от пос. Кочубей. Иранский участок “Иран-1” – в 30 км на север от пос. Бендер-Торкеман и в 12 км на север от пос. Гюмюшан. Участки представляют собой бывшие лагуны, образовавшиеся в результате изменения уровня Каспийского моря и отгороженные от него береговым валом. Отложения средне- и тяжелосуглинистые с песчано-ракушечным прослоем мощностью около 30–50 см во втором метре профиля. Возраст территорий, по данным радиоуглеродного датирования, составляет 60–70 лет для участка Иран-1 и 150–300 лет для участка Каспий-2**.

На ключевых участках размером 45 × 30 м (Каспий-2) и 25 × 20 м (Иран-1) выполнен комплекс исследований. Проведена съемка микрорельефа с помощью GNSS Stonex S9 Plus (в России) и KQ Geo fix R2 (в Иране). Шаг измерения микрорельефа составлял ~1 м на участке Иран-1 и ~2 м на участке Каспий-2. Было заложено и описано 3 опорных почвенных разреза, из которых были отобраны образцы на химический анализ. Разрезы закладывали с учетом различий в растительности и микрорельефе. Также на участках по случайно-регулярной сетке с переменным шагом от 1 до 5 м заложены скважины глубиной 1 м (рис. 2), из них отобраны образцы по глубинам 0–5, 5–10, 10–20, 20–30, 30–50, 50–70, 70–100 см. На участке Иран-1 было заложено 63 таких скважины и один опорный разрез, на участке Каспий-2 – 58 скважин и 2 опорных разреза. В образцах из разрезов был определен состав водной вытяжки 1 : 5

* Высотные отметки приведены к балтийской системе высот.

** Радиоуглеродное датирование выполнено в ЦКП “Лаборатория радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии” Института географии РАН и центра изотопных исследований Университета Джорджии (США). Калибровка результатов выполнена с помощью программы CALIB REV7.1.0 ([Reimer et al., 2013](#)).

(русские разрезы) и экстракта из почвенной пасты (иранский разрез) и гранулометрический состав исследован методом лазерной дифрактометрии на приборе Fritsch Analysette 22 MicroTec plus. В образцах из скважин была измерена электропроводность (при разбавлении почвы к воде 1 : 2,5, в надосадочной жидкости) с помощью кондуктометра Hanna Combo 98130. Соотношение значений электропроводности, данных водной вытяжки и степени засоления для сульфатно-хлоридного типа засоления приведено в табл. 1.

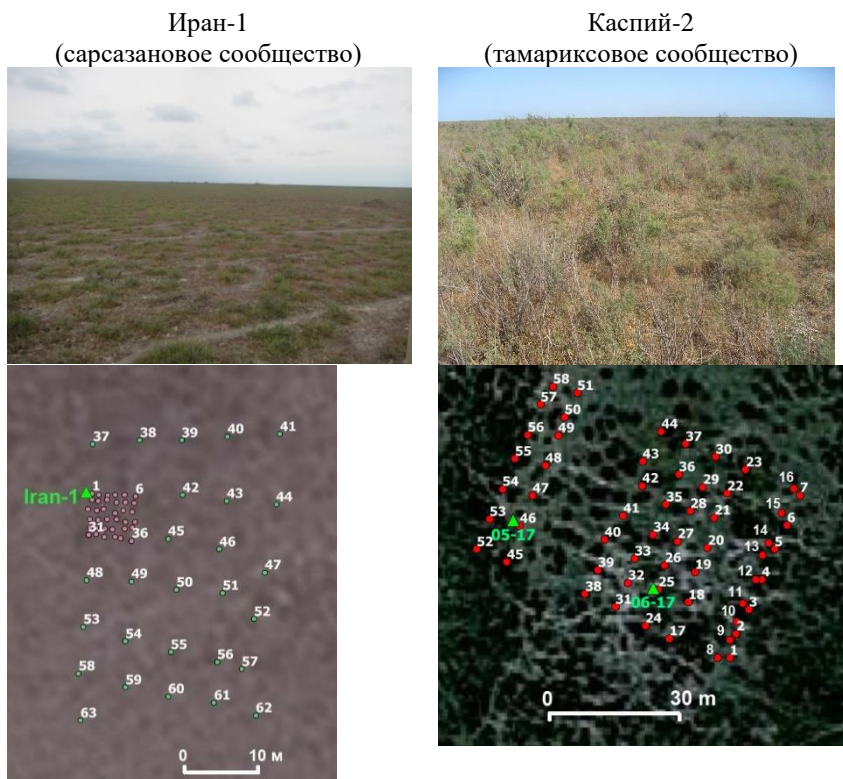


Рис. 2. Общий вид ключевых участков (вверху) и расположение точек опробования (внизу). Скважины показаны кружками, разрезы – треугольниками.

Таблица 1. Степень засоления по данным электропроводности 1 : 2.5 и водной вытяжки 1 : 5 для сульфатно-хлоридного и хлоридного типов засоления (Панкова и др., 2017, с дополнениями)

Степень засоления	Сумма солей в водной вытяжке 1 : 5, %	Электропроводность в суспензии 1 : 2.5, дСм/м*
Отсутствует	<0.1	<0.8
Слабая	0.1–0.2	0.8–1.6
Средняя	0.2–0.4	1.6–3.2
Сильная	0.4–0.8	3.2–6.4
Очень сильная	>0.8	>6.4

*Пересчет согласно соотношению почва : вода 1 : 2.5 и коэффициенту 0.5 прибора Hanna Combo для перехода от дСм/м к г/л.

На основе полученных результатов по электропроводности почв в программе SAGA составляли карты засоления почв методом обратновзвешенных расстояний.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изученные приморские участки России и Ирана по климатическим характеристикам относятся, согласно классификации Коппена–Гейгера, к ариднему степному типу с жарким аридным (BSh/Иран) и холодным аридным (BSk/Россия) температурным режимом. Среднегодовое количество осадков за 10-летний период составляет 465 (Иран/Бендер–Торкеман) и 303 мм (Россия/Лагань), которое варьирует от 290 до 720 мм (Иран) и от 200 до 440 мм (Россия) (табл. 2). Следует отметить, что в иранской части Прикаспия очень сильно выражен климатический градиент в широтном направлении, связанный с теневым эффектом горной системы Эльбурса и Туркмено-Хорасанских гор. В связи с этим, данные по осадкам в районе метеостанции, расположенном в 30-километровом удалении на север от ключевого участка, могут оказаться выше, чем в реальности. Так, по данным WorldClim, осадки в районе пос. Бендер-Торкеман, где расположена метеостанция, составляют 420 мм, а в районе ключевого участка Иран-1 330 мм, что нам кажется более близким к действительности. Температурный градиент выражен не так ярко: среднегодовая температура в пределах +17...+18°C в районе метеостанции и ключевого участка. Среднегодовая температура июля российского и иранского участков различается

Таблица 2. Основные климатические характеристики изученных побережий Прикаспия

Участок	Температура, °С*			ГКО, мм*	Осадки, мм*		ГКО, мм**	Коэффициент аридности**
	ян-варя	июля	год		апрель–сентябрь	октябрь–март		
Иран-1	+8.4	+29.1	+18.7	465	157	308	330	0.29
Каспий-2	-3.3	+25.9	+11.6	303	167	136	290	0.30

* Усредненные данные за период 2008–2017 (метеостанция Бендер-Торкман, Иран) и 2006–2015 гг. (метеостанция Лагань, Россия).

** CGIAR WorldClim.

незначительно, в отличие от среднегодовой температуры января, которая в Лагани составляет -3.3, а в Бендер-Торкмане +8.4. Таким образом, можно заключить, что основным отличием исследованных участков по климату является более теплая зима в иранской части Прикаспия со среднемесячными плюсовыми температурами, что определяет бесснежность зим и, соответственно, отсутствие перераспределения зимних осадков и весеннего талого стока, что отмечалось в качестве одного из самых важных факторов дифференциации почв и растительности в российской части Прикаспия ([Роде, Польский, 1963](#)).

Гранулометрический состав отложений на российском побережье среднесуглинистый с абсолютным преобладанием крупнопылеватой фракции (рис. 3). В верхней части выделяется облегченный легкосуглинистый слой мощностью 10–20 см. На глубине 100–150 см расположен супесчаный прослой с обильным детритом ракушки, подстилаемый пылевато-песчаным тяжелым суглинком. На иранском побережье отложения более тяжелые, преимущественно тяжелосуглинистые крупнопылеватые. В верхней части также выделяется несколько облегченный среднесуглинистый крупнопылеватый слой мощностью около 20 см. На глубине 150–185 см залегает супесчаный прослой с детритом ракушки, подстилаемый легкосуглинистыми крупнопылеватыми отложениями.

Растительный покров рассмотренных участков различен. На участке Каспий-2 растительность представлена распадающимися

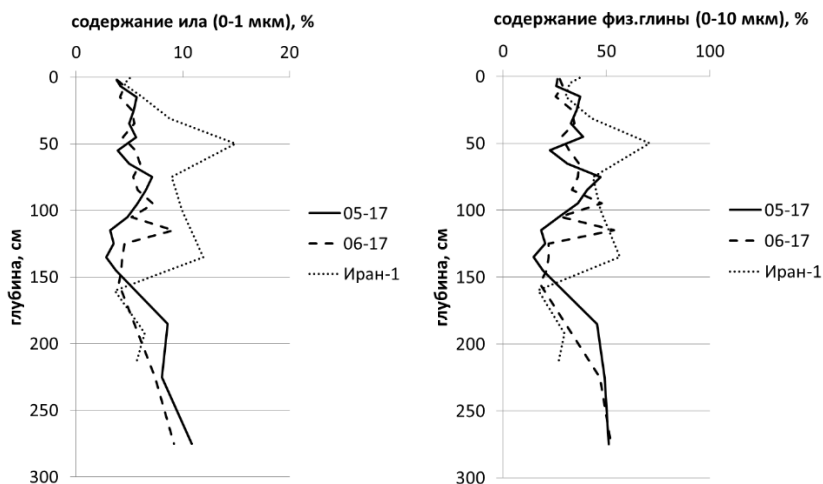


Рис. 3. Распределение илистой фракции и физической глины в почвах ключевых участков в России (разр. 05-17 и 06-17) и Ирана (Иран-1).

тамариковым сообществом, между кустами тамарикса развито разреженное галофитное сообщество (петросимониево-франкениево-бескильницевое). Иранский участок занят монодоминантным сообществом сарсазана (*Halocnemum strobilaceum*).

Грунтовые воды на ключевых участках залегают на уровне 2.3–2.8 м (сентябрь–октябрь 2017 г.). Минерализация грунтовой воды на российском участке составляет 44–48 г/л, в составе воды абсолютно преобладает хлорид натрия. Грунтовые воды иранского участка более минерализованные – около 100 г/л, в их составе кроме хлоридов натрия высока также доля сульфатов натрия и магния. Весной на иранском участке грунтовая вода поднялась на 1 м (уровень грунтовых вод 1.3 м в конце апреля 2018 г.), хотя общая минерализация сохранилась на прежнем уровне. На российском участке уровень воды и минерализация весной 2018 г. остались неизменными (2.7 м, около 50 г/л).

Выполненная топографическая съемка ключевых участков с помощью GNSS показала, что микрорельеф изученных участков различен (рис. 4). Иранский участок почти идеально плоский, на российском же хорошо выделяются микробугорки высотой 5–10 см диаметром от 0.5 до 5–10 м, приуроченные к кустикам тамарикса и,

вероятнее всего, генетически с ними связанные за счет эолового накопления вокруг кустиков и эолового выдувания на окружающей их незакрепленной равнине. Относительные превышения по данным топосъемки составляют в среднем 2–12 см (Каспий-2) и 4–6 см (Иран-1), т.е. перепад высот 10 см на российском участке против 2 см на иранском. Такая разница хорошо заметна визуально при полевых обследованиях участков. Сравнение распределений значений относительных превышений по t -критерию показало, что средние и дисперсии значительно различаются ($p < 0$).

На участке Каспий-2 изучено два разреза, расположенных под разными растительными ассоциациями и на разном уровне микрорельефа: разр. 05-17 был заложен под густыми тамариковыми зарослями на микроповышении высотой около 10 см; разр. 06-17 – под петросимониево-франкениево-бескильницевой микрогруппировкой за пределами микроповышений с тамариксом.

Почвы микроповышений и микропонижений морфологически друг от друга практически не отличаются, признаки почвообразования выражены слабо. Основное отличие – наличие уплотненного оструктуренного более прогумусированного верхнего горизон-

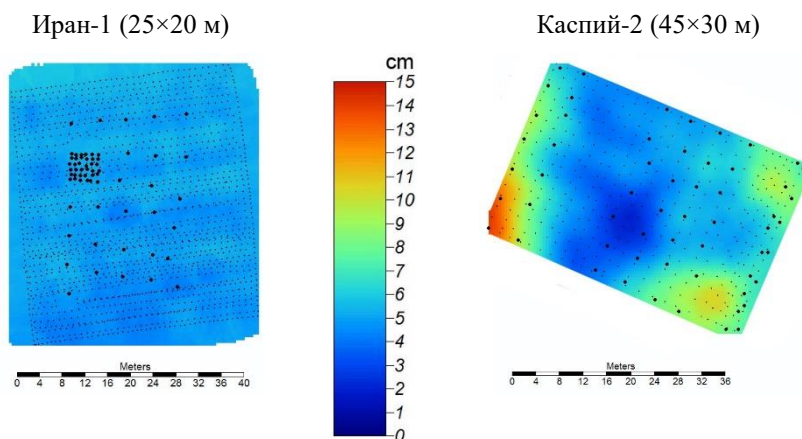


Рис. 4. Микрорельеф ключевых участков на приморской равнине России (Каспий-2/Дагестан) и Ирана (Иран-1/Голестан). Точками отмечены места измерений GNSS, кружками – точек опробования.

нта в почве микроповышения. По засолению почвы микроповыше- ний под тамариксом в верхних 20 см сильно отличаются от почвы микропонижения за счет опреснения верхней части профиля: 0.4– 0.8% в почве микроповышения против 2–3% солей в почве микро- понижения. Это явление существенного опреснения почв под ку- старниковыми зарослями тамарикса в северном Дагестане отмеча- лось и ранее в работе Магомедова (2012). На настоящий момент мы не можем выявить ведущий механизм, приводящий к такой кар- тине, требуются специальные комплексные исследования для вы- яснения почвенно-фито-гидрологических процессов в экосистеме (Шуйская и др., 2016). По составу солей засоление сульфатно-хлор- идное и хлоридное (по соотношению $Cl/SO_{4\text{токс}}$) магниевое-натрие- вое (рис. 5). Почву микропонижения можно однозначно отнести к солончакам (Полевой определитель..., 2008). Почва микроповыше- ния также сильно засолена, но из-за наличия опресненного поверх- ного горизонта она соответствует подтипу почв пелоземов гу- мусовых засоленных.

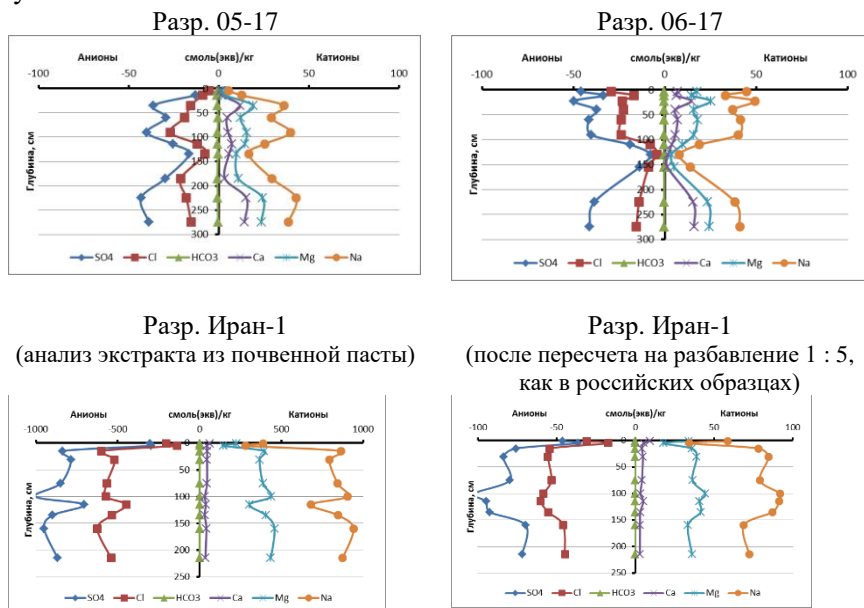


Рис. 5. Состав солей в приморских солончаках российского и иранского участков.

На участке Иран-1 из-за монотонности растительного покрова и сильно сглаженного микрорельефа (т.е. отсутствия внешних маркеров, указывающих на различия в свойствах почв) был заложен один разрез, но, как показали результаты массового опробования по детальной сетке (приведены ниже), засоленность почв существенно различается в пределах участка и во многом аналогична участку Каспий-2. Содержание солей в разр. Иран-1 составляет 2–3% в верхних 8 см и 4–6% в остальных горизонтах до глубины 230 см. Состав солей сульфатно-хлоридный магниевно-натриевый. Почва относится к типу солончаков.

Пространственное распределение солей участков исследовали с помощью массового опробования из скважин по фиксированным глубинам. Дифференциация почвенного покрова по засоленности ярко выражена на обоих участках (табл. 3).

Таблица 3. Основные статистики засоленности почв (ЕС1 : 2.5, дСм/м) российского и иранского участков по изученным слоям

Показатель	Глубина, см							
	0–5	5–10	10–20	20–30	30–50	50–70	70–100	0–100
Россия (Каспий-2)								
Количество наблюдений	49	49	49	49	49	49	49	49
Среднее	11.7	10.6	8.9	10.3	10.5	10.2	11.1	10.5
Минимум	0.5	0.7	2.7	4.8	5.8	5.4	8.3	
Максимум	35.2	15.2	13.2	14.2	14.2	13.4	13.0	13.4
Разброс	34.7	14.5	10.5	9.4	8.4	8.0	4.7	6.8
Стандартное отклонение	8.6	4.1	2.4	2.3	2.0	1.6	1.3	1.8
Иран (Иран-1)								
Количество наблюдений	63	63	63	63	63	63	63	63
Среднее	12.0	8.4	9.4	10.7	10.1	10.8	11.8	10.8
Минимум	2.4	2.8	4.7	6.2	4.7	7.1	5.6	7.2
Максимум	25.3	14.8	17.2	15.3	13.9	15.1	17.1	14.2
Разброс	22.9	12.0	12.4	9.1	9.2	8.0	11.4	7.0
Стандартное отклонение	6.0	3.0	2.8	2.2	2.1	1.9	2.0	1.5
Сравнение распределений по <i>t</i> -критерию (<i>p</i>)*								
Среднее	0.80	0.00	0.32	0.30	0.25	0.07	0.04	
Дисперсия	0.01	0.02	0.28	0.83	0.88	0.14	0.00	

* $p < 0.05$ (средние и дисперсии значимо различаются) выделены жирным шрифтом.

В основном перераспределение солей затрагивает поверхностные 50 см почв и особенно ярко проявляется в верхних 5 см (рис. 6). Сравнение средних и дисперсий по t -критерию показало, что во всех слоях, кроме 5–10 и 70–100 см, распределения сходны. Таким образом, можно сделать вывод о том, что контрастность участков выражена практически одинаково и дифференцирование территории по засолению произошло на обоих участках сходным образом.

В случае российского участка, засоленность почв в верхних 30 см обратно зависима от микрорельефа ($R^2 = 0.28, 0.43, 0.48, 0.38$ для слоев 0–5, 5–10, 10–20, 20–30 см соответственно), т.е. микроповышения менее засолены, чем микропонижения. Это закономерно отражается в растительном покрове: в микропонижениях растут солянки (петросимония, сведа, сарсазан), на микроповышениях – тамарикс и разнотравье. В случае иранского участка связь между микрорельефом и засолением отсутствует ($R^2 < 0.03$ для всех слоев), и микрорельеф здесь варьирует очень незначительно, как было показано выше.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенные материалы по ключевым участкам, расположенным на молодой приморской равнине Прикаспия с возрастом поверхностных отложений не более 300 лет, свидетельствуют о достаточно существенных различиях изученных участков по основным факторам почвообразования: климату, микрорельефу, растительности. Связи между свойствами почв (засолением) и микрорельефом и растительностью выражены в разной степени: существенны на российском участке, где выражен микрорельеф и растительность дифференцирована, и незначимы на иранском участке, где микрорельеф отсутствует и растительность недифференцирована. При этом дифференцирование участков по засолению произошло сходным образом, о чем свидетельствуют близкие средние значения электропроводности и их дисперсии, а также общая картина неоднородности, о которой можно судить на основании детальных карт засоления.

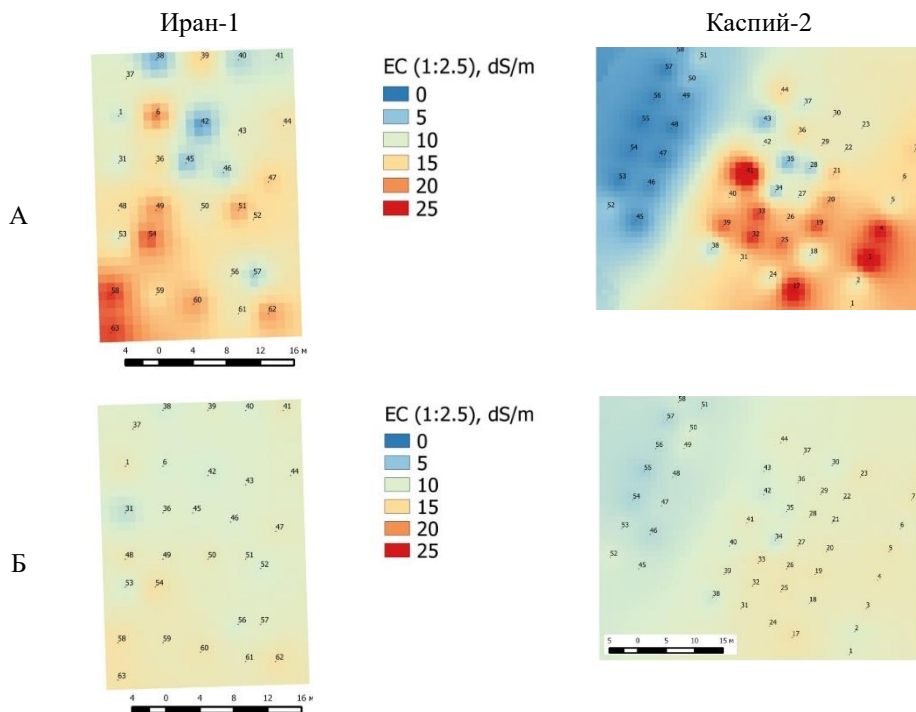


Рис. 6. Засоленность верхнего пятисантиметрового (А) и метрового слоя (Б) почв ключевых участков на приморской равнине Прикаспия.

Полученные результаты указывают на то, что локальное перераспределение солей (с линейными размерами в единицы метров) происходит на самых ранних этапах субэарального развития приморских ландшафтов Прикаспия. На настоящем этапе исследований мы не можем однозначно ответить на вопрос о ведущем факторе подобной пространственной дифференциации почв по засолению, а лишь фиксируем сам факт того, что эта пространственная неоднородность формируется достаточно рано и, согласно полученным результатам, первична по отношению к дальнейшей дифференциации ландшафта по растительности и микрорельефу. Пространственная структура засоления почв предвосхищает и предопределяет структуру заселения растительностью и в дальнейшем

закрепляется за ее счет. Формирование микрорельефа на российской части Прикаспия имеет фитогенный характер и тесно связано с эоловыми процессами за счет закрепления материала растительностью и преобладающего выноса эолового материала с участков, расположенных за пределами кустиков растений. На иранской части Прикаспия эоловые процессы не выражены, поэтому микрорельеф в настоящее время не формируется.

Благодарность. Исследование в иранской части Прикаспия выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 17-55-560006) и Национального научного фонда Ирана (проект № 96003646), в российской части – при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 17-17-01293 “Многоуровневые региональные почвенно-географические модели как основа устойчивого управления почвенными ресурсами”).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абатуров Б.Д., Зубкова Л.В.* Роль малых сусликов (*Citellus pygmaeus* Pall.) в формировании западного микрорельефа и почв в Северном Прикаспии // Почвоведение. 1972. № 5. С. 59–67.
2. *Геннадиев А.Н.* Почвы и время: модели развития. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1990. 232 с.
3. *Геннадиев А.Н., Касимов Н.С., Голованов Д.Л., Лычагин М.Ю., Пузанова Т.А.* Эволюция почв прибрежной зоны при быстром изменении уровня Каспийского моря // Почвоведение. 1998. № 9. С. 1029–1037.
4. *Иванова Е.Н.* Очерк почв районов останцевого и северо-западного Усть-Урта. Отчет о работе поч.-бот. отряда Казах. эксп. АН СССР. Материалы Компл. эксп. АН СССР. Серия казахстанская. 1930. Вып IV. Ч. 1.
5. *Касимов Н.С., Касатенкова М.С., Ткаченко А.Н., Лычагин М.Ю., Крооненберг С.Б.* Геохимия лагунно-маршевых и дельтовых ландшафтов Прикаспия. 100 лет со дня рождения А.И. Перельмана. М.: Лига-Вент, 2016. 244 с.
6. *Магомедов М.М.* Ценозообразующая роль древовидных кустарников (*Tamarix meyeri* Boiss., *T. ramosissima* Ledeb.) аридных территорий северо-западного Прикаспия. Автореф. дис. ... к.б.н. Махачкала, 2012. 24 с.
7. *Можарова Н.В., Федоров К.Н.* Эволюция структур почвенного покрова аккумулятивно-морских равнин Терско-Кумской низменности // Вестник Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. 1984. № 3. С. 20–28.
8. *Николаев В.А., Копыл И.В., Пичугина Н.В.* Фациальная структура полупустынного ландшафта в Северном Прикаспии // Вестник Моск. ун-та. Сер. 5. География. 1995. № 2. С. 74–83.
9. *Панкова Е.И., Воробьева Л.А., Балюк С.А., Хасанханова Г.М., Конюшкова М.В., Ямнова И.А.* Засоленные почвы Евразийского региона: диагностика, критерии и распространение // Руководство по управлению засоленными

почвами / Под ред. Варгаса Р. и др. Рим: Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций, 2017. С. 2–15.

10. Полевой определитель почв России. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.

11. *Роде А.А., Польский М.Н.* Водный режим и баланс целинных почв полупустынного комплекса // Водный режим почв полупустыни. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 5–83.

12. *Хитров Н.Б.* Связь почв солонцового комплекса Северного Прикаспия с микрорельефом // Почвоведение. 2005. № 3. С. 271–284.

13. *Шуйская Е.В., Лебедева-Верба М.П., Колесников А.Н., Борисочкина Т.И., Тодерич К.Н.* Химический состав солевых выщелков на веточках *Tamarix ramosissima*, произрастающего в условиях различного засоления почв // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2016. Вып. 82. С. 110–121. doi: 10.19047/0136-1694-2016-82-110-121.

14. *Khitrov N.B., Novikova N.M., Vyshivkin A.A., Volkova N.A.* Solonetz complex of the Northern Caspian Lowland: phyto- and pedodiversity, relationships between soils, microrelief and plant communities, variation under climate changes and grazing impact // Экосистемы: экология и динамика. 2018. Т. 2. № 1. С. 34–72.

15. *Reimer P.J., Bard E., Bayliss A., Beck J.W., Blackwell P.G., Bronk Ramsey C., Buck C.E., Cheng H., Edwards R.L., Friedrich M., Grootes P.M., Guilderson T.P., Hafliðason H., Hajdas I., Hatte C., Heaton T.J., Hogg A.G., Hughen K.A., Kaiser K.F., Kromer B., Manning S.W., Niu M., Reimer R.W., Richards D.A., Scott E.M., Southon J.R., Turney C.S.M., van der Plicht J.* IntCal13 and MARINE13 radiocarbon age calibration curves 0–50000 years calBP // Radiocarbon. 2013. V. 55. № 4. doi: 10.2458/azu_js_rc.55.16947

THE SPATIAL DIFFERENTIATION OF SOIL SALINITY AT THE YOUNG SALINE COASTAL PLAIN OF THE CASPIAN REGION

**M. V. Konyushkova^{1,2,*}, S. Alavipanah³, A. Abdollahi³,
S. Hamzeh³, A. Heidari³, M. P. Lebedeva^{2,**},
Yu. D. Nukhimovskaya⁴, I. N. Semenov¹, T. I. Chernov²**

¹Lomonosov Moscow State University,

Russia, 119991 Moscow, Leninskie gory 1, bld. 12

* <https://orcid.org/0000-0002-7050-3741>, e-mail: mkon@inbox.ru

²V.V. Dokuchaev Soil Science Institute,

Russia, 119017 Moscow, Pyzhevskii per. 7, bld. 2

** <https://orcid.org/0000-0001-8660-9922> e-mail: m_verba@mail.ru

³University of Tehran,

Iran, Tehran, Vesal Shirazi St., Azin Alley

e-mail: saeid.hamzeh@ut.ac.ir

⁴A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution,

Russia, 119071 Moscow, Leninskii prosp. 33
e-mail: ydnuhim@gmail.com

Received 13.10.2018, Revised 25.10.2018, Accepted 15.11. 2018

The study is focused on the pattern of soil salinity at the young loamy coastal plains of the Caspian Sea in Russia and Iran which were released from water less than 300 years ago. At two key sites of 45×30 m (Russia) and 25×20 m (Iran), the soil sampling with 1 to 5 m grid was performed to the depth of 1 m. The electrical conductivity (1 : 2.5) was measured in soil samples and soil salinity maps were compiled. Soils are represented by solonchaks with 2–3% of salts in the top layer or highly saline soils partly leached in the upper 5–10 cm. The ground water table is shallow (2–2.5 m). The studied sites are different in terms of climate, microtopography, and vegetation cover but spatial differentiation of soil salinity is quite similar what is evidenced from the similar distributions (mean values and variance) of electrical conductivity in almost all studied depths. The redistribution of salts is mainly observed in the upper 50 cm with the maximal manifestation in the upper 5 cm.

Key words: solonchak, marsh, lagoon, subaerial development, soil evolution, salinity pattern, microtopography

REFERENCES

1. Abaturov B.D., Zubkova L.V. Role of small gophers (*Citellus pygmaeus* Pall.) in the formation of the Western microrelief and soils in the Northern Caspian, *Pochvovedenie*, 1972, No. 5, pp. 59–67. (in Russian)
2. Gennadiev A.N. Soils and time: models of development, Moscow, Izdatelstvo MGU, 1990, 232 p. (in Russian)
3. Gennadiev A.N., Kasimov N.S., Golovanov D.L., Lychagin M.Yu., Puzanova T.A. Soil evolution in the coastal zone under the rapid changes in the Caspian sea level, *Eurasian Soil Science*, 1998, V. 31, No. 9, pp. 929–936.
4. Ivanova E.N. Sketch of soils of the areas of the outlier and North-West Ust-URT. Report on the work of SMOS.-bot. Kazakh squad. exp. USSR academy of sciences. *Materialy Kompl. eksp. AN SSSR. Seriya kazakhstanskaya*, 1930, Issue IV, Chapter 1. (in Russian)
5. Kasimov N.S., Kasatenkova M.S., Tkachenko A.N., Lychagin M.Yu., Kroonenberg S.B. Geochemistry of a lacustrine-deltaic propulsion and landscapes of the Caspian region. 100 years since the birth of Perelman, Moscow, 2016, 244 p. (in Russian)
6. Magomedov M.M. *Consobrina the role of tree-like shrubs (Tamarix meyeri Boiss. T. ramosissima Ledeb.) arid areas of the North-Western Caspian region*. Candidate's thesis Makhachkala, 2012, 24 p. (in Russian)
7. Mozharova N.V., Fedorov K.N. Evolution of soil cover structures of accumulative-marine plains of the Tersko-Kum lowland, *Moscow University Soil Science Bulletin*, 1984, No. 3, p. 20–28. (in Russian)

8. Nikolaev V.A., Kopyl I.V., Pichugina N.V. Facial structure-opustenog landscape in the North Caspian region, *Moscow University Bulletin. Series 5. Geography*, 1995, No. 2, p. 74–83. (in Russian)
9. Pankova E.I., Vorobieva L.A., Balyuk S.A., Khasankhanova G.M., Konushkova M.V., Yamnova I.A. Salt-affected soils of the Eurasian region: diagnostics, criteria and distribution, *Handbook for saline soil management*, R. Vargas, E. Pankova, S. Balyuk, P. Krasilnikov, G. Khasankhanova (Eds.), FAO, Rome, 2018, p. 3–15.
10. Field determinant of Russian soil, Moscow, 2008, 182 p. (in Russian)
11. Rode A.A., Pol'skiy M.N. Water regime and balance of virgin soils of semi-desert complex // water regime of semi-desert soils, *Water regime of semi-desert soils*, Moscow, Publishing house of USSR Academy of Sciences, 1963, pp. 5–83. (in Russian)
12. Khitrov N.B. The relationship between the soils of solonetzic complexes in the Northern Caspian Lowland and the local microtopography, *Eurasian Soil Science*, 2005, V. 38, No. 3, pp. 237–249.
13. Shuiskaya E.V., Lebedeva-Verba M.P., Kolesnikov A.N., Borisochkina T.I., Toderich K.N. The chemical composition in the salt excretion of *Tamarix ramosissima* under conditions of different soil salinity level, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2016, V. 82, pp. 110-121. doi: 10.19047/0136-1694-2016-82-110-121
14. Khitrov N.B., Novikova N.M., Vyshivkin A.A., Volkova N.A. Solonetz complex of the Northern Caspian Lowland: phyto- and pedodiversity, relationships between soils, microrelief and plant communities, variation under climate changes and grazing impact, *Ecosystems: ecology and dynamics*, 2018, V. 2, No. 1, pp. 34–72.
15. Reimer P.J., Bard E., Bayliss A., Beck J.W., Blackwell P.G., Bronk Ramsey C., Buck C.E., Cheng H., Edwards R.L., Friedrich M., Grootes P.M., Guilderson T.P., Hafliadason H., Hajdas I., Hatte C., Heaton T.J., Hogg A.G., Hughen K.A., Kaiser K.F., Kromer B., Manning S.W., Niu M., Reimer R.W., Richards D.A., Scott E.M., Southon J.R., Turney C.S.M., van der Plicht J. IntCal13 and MARINE13 radiocarbon age calibration curves 0-50000 years calBP, *Radiocarbon*, 2013, 55(4). doi: 10.2458/azu_js_rc.55.16947
- 16.

Ссылки для цитирования

Конюшкова М. В., Алавипанас С. ., Абдоллахи А. ., Хамзех С. ., Лебедева М. П., Нухимовская Ю. Д., Чернов Т. И. Пространственная дифференциация засоления на молодой приморской солончаковой равнине Прикаспия // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2018. Вып. 95. С. 41-57 . doi: 10.19047/0136-1694-2018-95-41-57

For citation:

Konyushkova M.V., Alavipanah S., Abdollahi A., Hamzeh S., Heidari A., Lebedeva M.P., Nukhimovskaya Yu.D., Semenov I.N., Chernov T.I. The spatial differentiation of soil salinity at the young saline coastal plain of the Caspian region, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2018, V. 95, pp. 41-57. doi:10.19047/0136-1694-2018-95-41-57