

ГЕНЕЗИС
И ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ

УДК 631.4

**ЗАВИСИМОСТЬ СВОЙСТВ ПОЧВ ОТ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ ЗАПАДИН В ГЛИНИСТОЙ
ПОЛУПУСТЫНЕ ЗАВОЛЖЬЯ***

© 2008 г. Н. П. Шабанова¹, Н. Б. Хитров², М. И. Герасимова³

¹ Институт лесоведения РАН, 143030, с. Успенское, Одинцовский р-н, Московская обл.
e-mail: root@ilan.msk.ru

² Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 119017, Москва, Пыжевский пер., 7

³ Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, 119991, Москва, Ленинские горы
Поступила в редакцию 11.09.2007 г.

В глинистой полупустыне Заволжья (Джаныбекский стационар РАН) оценена связь между морфометрическими параметрами западин (площадь и глубина), рассчитанными несколькими способами, и свойствами формирующихся в них почв (мощность гумусовых горизонтов и глубина вскипания) на участках с разными типами микрорельефа. Ареалы западин, выделенные разными способами (по карте рельефа и растительности), не совпадают в пространстве и характеризуются разной площадью. Наиболее тесные корреляционные связи отмечены между свойствами почв и параметрами западин, рассчитанными по карте растительности для плоского типа микрорельефа, в котором распространены наиболее крупные и глубокие западины (площадью более 70 м²). Для западин меньшего размера на возвышенном радиально-куполовидном типе микрорельефа свойства почв определяются не только размерами западин, но другими факторами, такими как площадь водосбора, возраст западины, положение относительно других западин и стабильность территории.

Глинистая полупустыня Волго-Уральского междуречья представляет собой едва ли не единственную аридную территорию Европы и современной России, где представлены пустынные экосистемы в сочетании с сообществами сухих степей [14]. Несмотря на более северное положение, Джаныбекская равнина является наиболее опустыненной и аридной частью Прикаспийской полупустыни. Она представляет собой морскую аккумулятивную равнину хвалынского возраста с абсолютными высотами от 15–20 до 40 м. Грунтовые воды здесь, как правило, сильно минерализованы и залегают на глубине 5–10 м [4].

На равнине развит мезо- и микрорельеф. Элементы мезорельефа (падины и лиманы) представляют собой плоские понижения, покрытые злаково-разнотравной растительностью, глубиной от 1 до 2 м, площадью от нескольких до тысячи га. Остальная территория занята межпадинной равниной, имеющей хорошо выраженный микрорельеф: микроповышения с чернопопынно-солянковыми ассоциациями пустынного типа и микропонижения (западины), занятые злаково-разнотравными ассоциациями. Большинство авторов указывают здесь на четкую приуроченность типов почв к элементам микрорельефа (солонцы формируются на микроповышениях, лугово-каштановые почвы в микрозападинах, а

светло-каштановые занимают переходное положение – микросклоны) [2, 12].

Материал собран на Джаныбекском стационаре Института лесоведения РАН. Здесь начиная с 1950-х гг. проводились комплексные исследования почвенного и растительного покровов, подробно изучен микрорельеф территории и его происхождение [1, 5, 6, 8–12, 18, 19]. Работы последних лет по изучению современного состояния солонцового комплекса дали возможность построить карты микрорельефа, растительности и почв и выявить динамику микрорельефа [18, 19]. Так как на межпадинной равнине даже незначительное перераспределение осадков ведет к формированию разных типов водного режима, растительности и почв, обуславливая тем самым комплексность почвенно-растительного покрова, возникла необходимость в разработке методов объективной оценки параметров западин и выяснения связи этих параметров со свойствами почв. В глинистой полупустыне Волго-Уральского междуречья западины представляют собой наиболее ярко выраженный элемент полупустынного комплекса и характеризуются дополнительным притоком влаги и, в целом, благоприятными условиями произрастания растений. Здесь формируются лугово-каштановые почвы, для которых характерны промытость от легкорастворимых солей и мощный гумусовый горизонт.

* Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты № 03-04-48299, № 05-04-49098, № 06-05-64082 (а)).

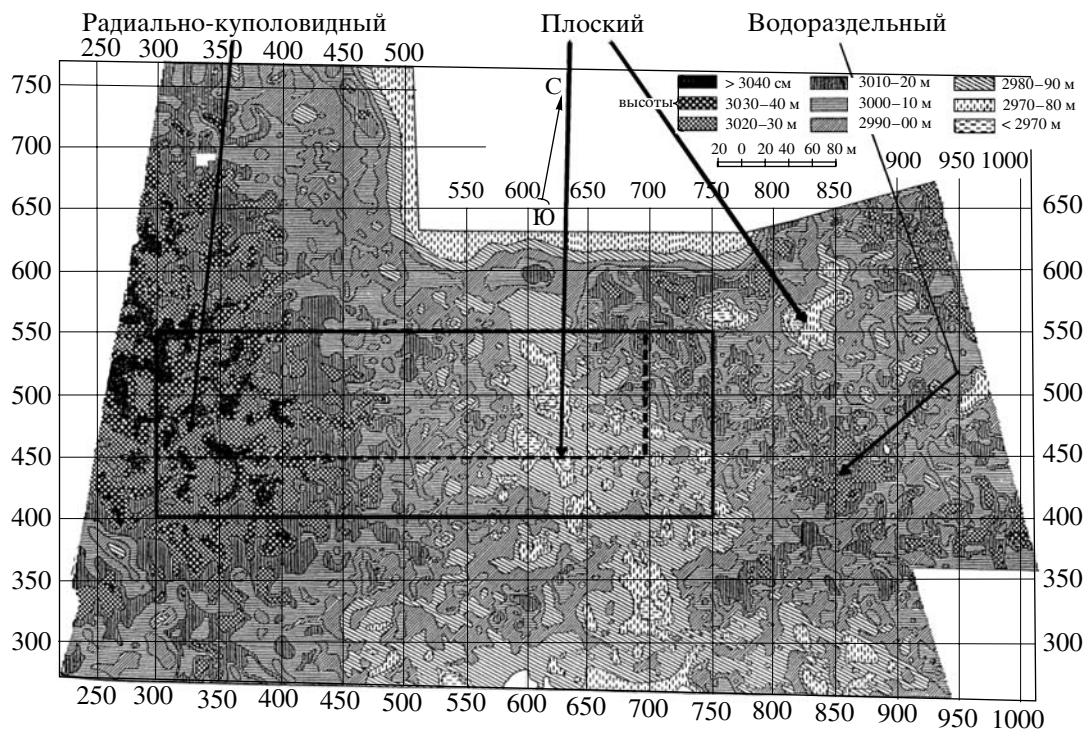


Рис. 1. Типы микрорельефа (по Мозесону [10], с изменениями). Обозначения: прямоугольные рамки – участки исследования; рамка сплошной линии – участок топографической съемки микрорельефа размером $150 \times 450 \text{ м}^2$; рамка пунктирной линии – участок геоботанической съемки размером $100 \times 400 \text{ м}^2$.

Роде и Польский [12] считали, что размер западины непосредственно влияет на свойства развитой в ней почвы, так как характеристики последней определяются количеством воды, поступающей в западину. Однако строгой оценки этого явления ими не производилось, и вопрос о соответствующей зависимости остался открытым.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Материал собран в 2005 г. на Джаныбекском стационаре, на участке, территория которого с начала 1950-х гг. находится в заповедном режиме. В 1950-х гг. для этого участка были составлены карты микрорельефа [8–10] и растительности [5, 6] общей площадью 20 га. В 2003–2005 гг. на части этого участка были проведены повторные комплексные исследования, которые включали топографическую съемку микрорельефа, геоботаническое и почвенное картографирование. Для данных исследований использовали участок современной карты микрорельефа площадью $150 \times 450 \text{ м}^2$ и карту растительности площадью $100 \times 400 \text{ м}^2$ (рис. 1). Съемка растительности проводилась в 2005 г. под руководством Н.М. Новиковой при нашем участии.

В районе работ западины представляют собой замкнутые понижения глубиной до 50 см и различаются формой, размером и положением относи-

тельно друг друга. В пределах исследуемого участка их площадь колеблется в значительных пределах: примерно половина имеет площадь менее 70 м^2 , около одной трети – $70\text{--}150 \text{ м}^2$, немногие достигают $150\text{--}340 \text{ м}^2$, и лишь одна западина выделяется очень большой площадью (2040 м^2). Мозесон выделял в пределах участка три типа микрорельефа [10] (рис. 1):

1. **Радиально-куполовидный** тип характеризуется приподнятостью и заметными уклонами территории, что обеспечивает сток талых вод. Для него характерны мелкие западины глубиной до 4 см со средней площадью $20\text{--}40 \text{ м}^2$, суммарная площадь которых составляет 12.8% от площади водоразделов. Западины здесь имеют явно проточное происхождение, характеризуются вытянутой формой и эрозионным характером, что связано с тем, что они концентрируются в узких ложбинах между грядами, по которым вода быстро скатывается и не застаивается. Поэтому здесь наблюдается некоторое увеличение площади западин по цепочке сверху вниз от центра возвышенности к периферии.

2. **Водораздельный** тип микрорельефа характеризуется незначительной приподнятостью гряд с плоской поверхностью и небольшими уклонами; значительное задержание воды на поверхности ведет к широкому развитию крупных замкнутых западин просадочного происхождения

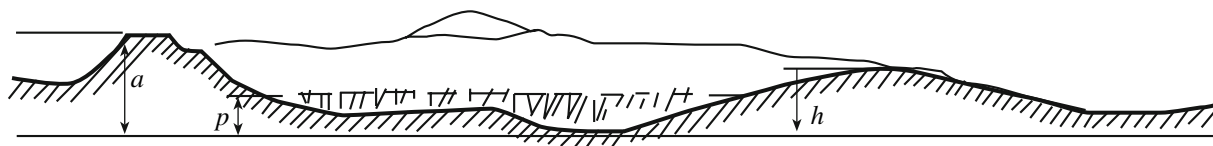


Рис. 2. Профиль через западину (по Мозесону [10]). Обозначения: p – глубина западины; h – высота порога; a – наибольшая амплитуда высот.

со средней площадью 60 м^2 и глубиной до 12 см. Площадь, занятая западинами, составляет здесь 22%. Западины здесь не связаны в цепочки, как в предыдущем типе, а образуют водосборы разной величины и разветвленности. Этот тип микрорельефа отличается большей контрастностью, для него характерно разнообразие западин по формам, конфигурации, происхождению и размерам.

3. Плоский тип микрорельефа располагается на пониженных местах в окрестностях падин, а также на продолжении гряд куполовидного рельефа. В плоскую поверхность “вдавлены” относительно глубокие (до 35 см) западины, в которых, в связи с затрудненным стоком и застаиванием воды, просадочные явления наиболее развиты. Именно здесь встречаются самые крупные по площади западины, средняя площадь которых превышает 70 м^2 , в совокупности занимающие 25.5% общей территории.

Для выяснения зависимости свойств почв от размеров западин нами использован коэффициент корреляции (R) между “парами”: размер западины – свойство почвы. Анализировались следующие параметры: площадь и глубина западины, подсчитанные разными способами; мощность верхнего гумусового горизонта (A_1), мощность гумусового профиля, то есть всех гумусовых горизонтов ($A_1 + AB$), глубина вскипания.

Однако при подсчетах возникли некоторые методические трудности, связанные с оценкой ареала западины. Для характеристики относительных высот полупустынного комплекса Мозесоном [10] были введены три величины (рис. 2). 1) глубина западины (p) определяется разностью высот верхней границы типичной западинной растительности и наиболее глубокой точки западины; 2) высота порога (h) представляет собой разность высот горизонталей между низшей точкой водораздельной линии, окружающей западину, и низшей точкой днища западины; 3) наибольшая амплитуда микрорельефа (a) – разность высот между высшей точкой окружающей западину водораздельной линии и низшей точкой ее днища.

Отсюда следует, что границы ареалов западин можно проводить как минимум двумя способами: основываясь на показателях глубины западины (p) или высоты порога (h).

Нами обнаружено, что границы ареалов западин, выделенных разными способами, не совпада-

ют и различаются по размерам и форме. Предварительные подсчеты параметров этих ареалов дали столь разноречивые результаты, что было решено рассчитывать площади и глубины западин по каждому параметру отдельно. Для усовершенствования метода нами был опробован еще один способ, характеризующий перекрытие ареалов “по растительности” и “по рельефу” методом наложения карт (рис. 3).

При расчете параметров ареала западины, выделенного по карте рельефа (см. рис. 3), за площадь западины (Sh) бралась поверхность, границей которой являлась последняя (наиболее высокая) замкнутая горизонталь, за глубину (Hh) – разность высот горизонталей между низшей точкой днища и последней замкнутой горизонталью. Площади ареалов, выделенных по карте растительности, соответствовала площадь “западинной” растительности (Sp), представленной разнотравно-злаковыми ассоциациями (*Festuca valesiaca*, *Stipa capillata*, *Gallium verum*, *Medicago romanica*). Границы западины по растительности имеют разную абсолютную высоту на разных участках контура, поэтому при выделении контура по растительности мы использовали среднее значение высоты по границе, выделенной таким способом. В связи с этим глубина западины (Hp) рассчитывалась по разнице между средней высотой по границе контура и высотой в наиболее низком месте. Площадь перекрытия ареалов (Sc) рассчитывали путем наложения карт растительности и рельефа.

Для характеристики соотношения ареалов площади, выделенных по рельефу (Sh) и по растительности (Sp), относительно друг друга были рассчитаны два коэффициента. $K_1 = Sc/Sh$ – отношение площади перекрытия к площади по порогу и $K_2 = Sc/Sp$ – отношение площади перекрытия к площади по растительности.

Для характеристики пространственного соотношения ареалов западин, выделенных разными способами, используя коэффициенты K_1 и K_2 , построена диаграмма (рис. 4), которая иллюстрирует не только долю перекрытия, но и его характер, а также дает представления о количественном распределении в пространстве площадей с разной долей перекрытия. На диаграмме выделено 6 зон, характеризующих соответствующие типы пере-

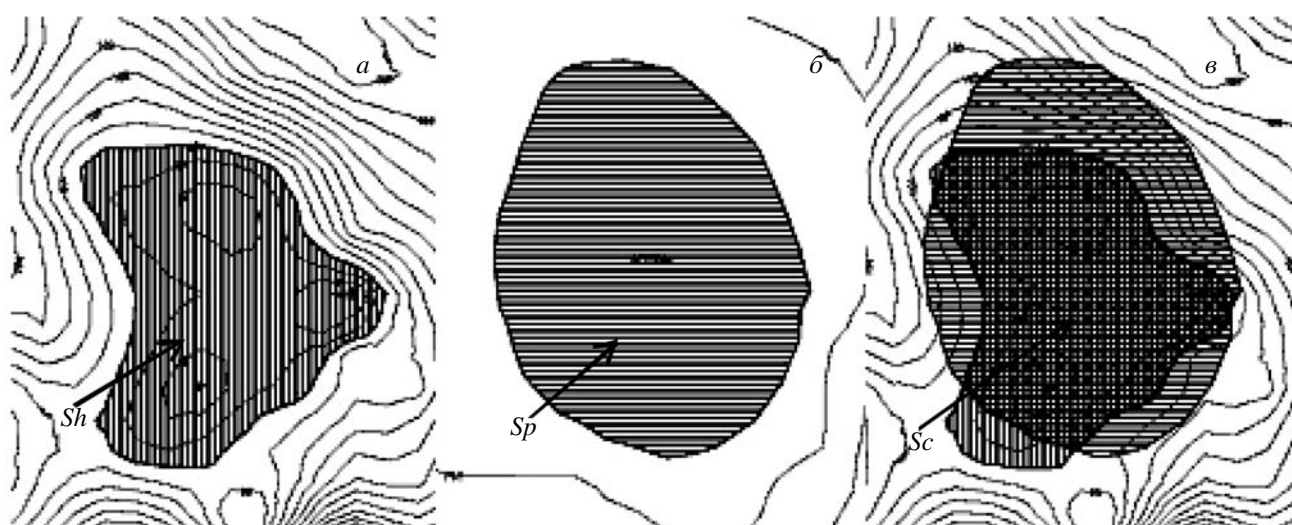


Рис. 3. Ареалы западин, выделенные разными способами: *a* – по карте рельефа *Sh* (вертикальная штриховка), *б* – по карте растительности *Sp* (горизонтальная штриховка), *в* – по совпадающей (общей) части *Sc* (решетка). Горизонталы проведены через 1 см.

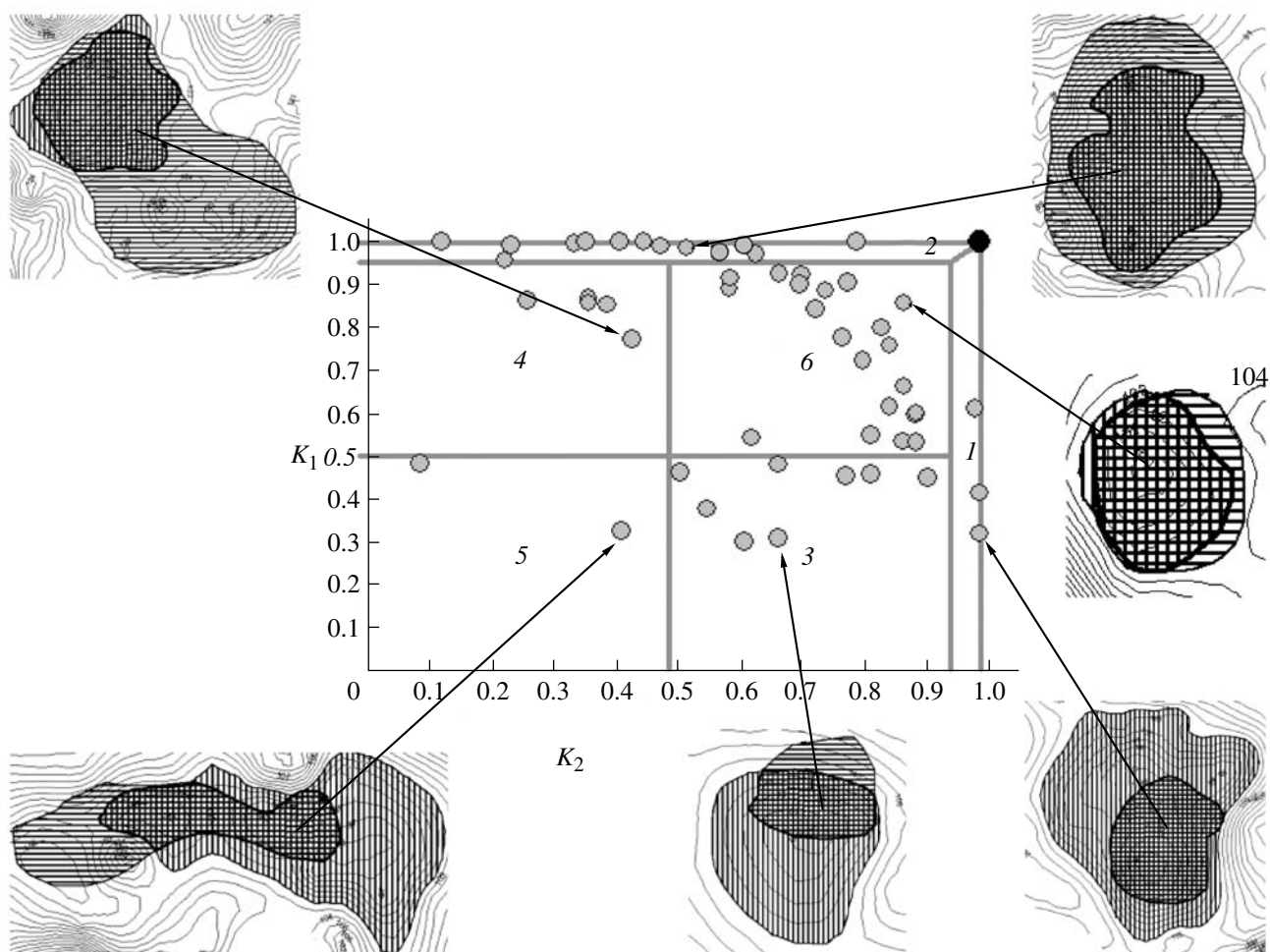


Рис. 4. Пространственное соотношение ареалов западин, выделенных разными способами. В центре приведена диаграмма в координатах K_1 и K_2 . По периферии даны фрагменты карт ареалов для конкретных точек, указанных стрелками (обозначения для них см. на рис. 3); 1–6 – типы перекрытия ареалов, выделенных разными способами.

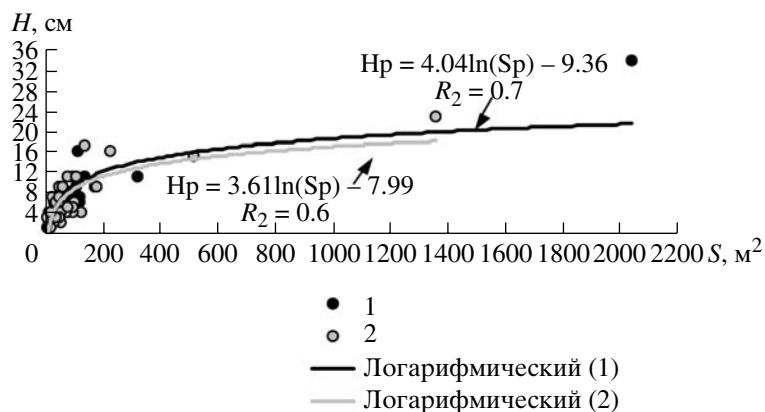


Рис. 5. Зависимость площади западин от глубины. 1 – параметры, рассчитанные по карте рельефа. 2 – параметры, рассчитанные по карте растительности.

крытия ареалов и их положения относительно друг друга.

Точка с координатами ($K_1 = 1$, $K_2 = 1$) обозначает гипотетический “идеальный” случай, когда ареал по растительности полностью совпадает с контуром западины по рельефу, однако в наших расчетах такой “идеальный” случай отсутствует (см. рис. 4).

Коэффициент K_1 показывает, как зона перекрытия соотносится с ареалом, выделенным по рельефу. При $K_1 = 1$, ареал по рельефу полностью совпадает с зоной перекрытия, то есть целиком лежит в пределах ареала по растительности (тип перекрытия 2). Чем меньше значение коэффициента, тем меньше становится зона перекрытия по рельефу, тем сильнее ареал, выделенный по рельефу, смещается относительно ареала, выделенного по растительности (тип перекрытия 4).

Коэффициент K_2 характеризует соотношение зоны перекрытия и ареала по растительности. При значениях коэффициента, равных единице, выделенный по растительности ареал равен зоне перекрытия, то есть полностью лежит в пределах вогнутого элемента и не выходит за его пределы (тип перекрытия 1). При значениях коэффициента меньше единицы ареал по растительности распространяется за пределы понижения. В этом случае чем меньше коэффициент, тем сильнее растительный ареал смещается относительно западины (тип перекрытия 3).

При высоких значениях обоих коэффициентов, приближающихся к единице, наблюдается практически полное совпадение ареалов (тип перекрытия 6). Малые значения этих коэффициентов соответствуют типу перекрытия, когда общая площадь для обоих ареалов минимальна (тип перекрытия 5), и они характеризуются наибольшим смещением относительно друг друга.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В радиально-куполовидном типе микрорельефа наиболее распространены западины площадью до 80–85 м² (табл. 1, верхний квартиль), причем среди ареалов, выделенных по растительности, преобладают западины в диапазоне 45–60 м², они составляют 29%. Среди ареалов, выделенных по рельефу, преобладают западины в интервале 15–30 м², они составляют 21%.

На склонах радиально-куполовидного типа микрорельефа в основном преобладают западины площадью до 55–60 м². Среди ареалов, выделенных по растительности, преобладают ареалы площадью 15–45 м², они составляют 44%. Среди ареалов, выделенных по рельефу, ареалы площадью 11–30 м² составляют 60%.

Глубина западин в радиально-куполовидном типе микрорельефа и на его склонах небольшая – от 1 до 11 см, в то время как в плоском типе микрорельефа их глубина существенно больше – 4–34 см (табл. 1).

В плоском типе микрорельефа наиболее распространены являются западины площадью более 70 м² (табл. 1, нижний квартиль).

Таким образом, для обследованной территории характерно аналогичное соотношение размеров и глубин западин, установленное Мозесоном [5, 6, 8] для участка большей площади, а именно: в пределах плоского типа микрорельефа формируются наиболее крупные и глубокие западины по сравнению с радиально-куполовидным, где развиты преимущественно мелкие и сравнительно небольшие по площади западины.

Связь между глубиной западины и ее площадью имеет нелинейный характер (рис. 5). В целом увеличение площади сопровождается увеличением глубины, но при этом площадь западины увеличивается относительно быстрее. Вместе с тем,

Таблица 1. Статистические показатели распределения площадей и глубин западин, рассчитанных разными способами

Показатель	Типы микрорельефа			Весь участок (без разделения) ($n = 52$)
	радиально-куполовидный ($n = 24$)	склоны радиально- куполовидного ($n = 18$)	плоский ($n = 10$)	
Площадь западины, рассчитанная по карте рельефа (Sh), м ²				
Минимум	7	11	39	7
Нижний квартиль	23	17	71	24
Медиана	43	33	89	43
Верхний квартиль	85	55	167	81
Максимум	175	110	2041	2041
Площадь западины, рассчитанная по карте растительности (Sp), м ²				
Минимум	14	7	18	7
Нижний квартиль	39	23	69	33
Медиана	54	34	114	53
Верхний квартиль	79	60	299	90
Максимум	179	109	1357	1357
Площадь западины, рассчитанная по общей площади перекрытия (Sc), м ²				
Минимум	6	4	11	4
Нижний квартиль	14	13	43	15
Медиана	32	24	80	32
Верхний квартиль	56	37	156	55
Максимум	115	85	1218	1218
Глубина западины, рассчитанная по карте рельефа (Hh), см				
Минимум	1	1	4	1
Нижний квартиль	3	3	7	3
Медиана	4	4	10	5
Верхний квартиль	6	7	12	7
Максимум	11	9	34	34
Глубина западины, рассчитанная по карте растительности (Hp), см				
Минимум	2	1	4	1
Нижний квартиль	4	3	5	4
Медиана	4	5	11	5
Верхний квартиль	7	7	16	8
Максимум	11	11	23	23

если рассматривать только радиально-куполовидный тип микрорельефа и его склоны с мелкими небольшими по площади западинами можно аппроксимировать эту связь линейной регрессией $Hp = 0,054Sp + 2.57$, $R^2 = 0.47$ и $Hh = 0,055Sh + 2.38$, $R^2 = 0.58$ для параметров, рассчитанных по растительности и рельефу соответственно.

Существующая нелинейность возникает при переходе к плоскому типу микрорельефа, в котором увеличение площади западины происходит не только за счет суффузионных просадок, но и в результате срастания соседних западин. Просадочные явления ограничены запасом солей в поч-

ве. После их практически полного вымывания западина перестает расти вглубь, в то время как ее рост вширь относительно ничем не ограничен, особенно в условиях плоского типа микрорельефа, где просадочные явления получили наибольшее развитие.

Результаты подсчетов параметров западин показали определенные различия при разных способах оценок, которые можно интерпретировать с точки зрения географических закономерностей, свойственных комплексной полупустыне.

Количественный анализ вариантов пространственного соотношения ареалов западин, выделен-

ных разными способами (табл. 2), показал, что наиболее распространены типы перекрытия 2 и 6: ареал по рельефу полностью находится в пределах ареала по растительности или же ареалы лишь немного смещены относительно друг друга (рис. 4).

Таким образом ареалы западин, выделенные по растительности непосредственно в поле, занимают большую площадь, чем ареалы западин, выделенные по рельефу. Это объясняется тем, что растительность часто занимает не только днище западины, но захватывает и склоны, а иногда по седловине заходит в пределы другой соседней с ней западины, включая ее в единый массив. Растительность является индикатором увлажнения, так как относительно быстро реагирует на изменение водного режима. То, что в настоящее время ее ареалы в большинстве случаев шире ареалов по рельефу, объясняется подъемом грунтовых вод с 6–7 до 4.5–5 м [18], который обусловлен совокупным влиянием изменения климата (увеличение количества осадков и более теплый зимний период [7, 15]), лесоразведением [13] и орошением на прилегающей территории.

При анализе связи между свойствами почв и параметрами западин, полученными разными способами, установлено следующее: в связи с относительно небольшой выборкой полученные коэффициенты корреляции не значительно отличаются друг от друга, вследствие этого некоторые числовые различия для разных свойств и разных способов расчета параметров западин обсуждению не подлежат.

Значения коэффициентов корреляции (табл. 3) низкие ($R < 0.7$) и в большинстве случаев незначимы. Значимые значения коэффициентов корреляции характерны для плоского типа микрорельефа, но, тем не менее, они тоже достаточно низкие и в соответствии с коэффициентом детерминации (R^2) варьирование свойств почв связано с варьированием параметров западин на 49%, а на 51% варьирование этих признаков осуществляется независимо друг от друга. На участках с другими типами микрорельефа значимые значения коэффициентов корреляции отмечены лишь в отдельных случаях.

Специальными работами [17–19], проведенными на обследуемой территории, было показано, что микрорельеф участка находится в нестабильном состоянии. Здесь на относительно небольших расстояниях друг от друга протекают разнонаправленные процессы и рядом можно встретить как поднявшиеся, так и опустившиеся участки, а также участки, оставшиеся стабильными на протяжении не менее 50 лет. Очевидно, что здесь процессы почвообразования не просто разнонаправлены, но и протекают с разной скоростью, как во временном, так и в пространственном от-

Таблица 2. Встречаемость вариантов пространственного соотношения ареалов западин, выделенных разными способами (см. рис. 4)

Тип перекрытия	Количество случаев ($n = 52$)	Число случаев, % от общего числа западин
1	3	6
2	13	25
3	8	15
4	5	10
5	2	4
6	21	40

ношениях. Именно динамичность исследуемой территории обуславливает отсутствие связей между свойствами почв и параметрами западин на участках с радиально-куполовидным и водораздельным типами микрорельефа и относительно слабую связь этих параметров в плоском типе микрорельефа.

Дополнительными факторами, уменьшающими связь между свойствами почв и параметрами западин, могут являться: разное соотношение площади западины к площади водосбора, разная форма западины (округлая, вытянутая, с несколькими днищами), относительное положение западины в гидрологической цепочке в радиально-куполовидном типе микрорельефа, которое описывал Мозесон [8–10], возраст западины.

Важным фактором может быть возраст западины. В недавно просевших западинах могут сохраняться светло-каштановые солонцеватые и несолонцеватые почвы, в которых лишь намечается более интенсивное гумусонакопление в самом поверхностном слое, и, напротив, в аналогичных западинах могут находиться лугово-каштановые почвы, промытые на 7 м от солей, которые, вероятно, имеют длительную историю жизни.

Плоский тип микрорельефа характеризуется наиболее стабильным положением и подчиненной позицией по отношению к другим более возвышенным участкам. Относительные превышения в пределах всего участка составляют не более 60 см. Для плоского типа микрорельефа характерны самые низкие значения высот, если принять его средние горизонталы равными 0 см, то участок с радиально-куполовидным типом микрорельефа в среднем превышает его на 55 см, участок с водораздельным типом микрорельефа на 40 см. В условиях полупустыни, где даже незначительная разница высот ведет к разному режиму увлажнения, это играет решающую роль. Очевидно, что процессы выщелачивания и гумусонакопления протекают здесь более или менее с одной скоростью и в одном направлении. Именно сложившиеся здесь условия увлажнения обуслов-

Таблица 3. Значения коэффициента корреляции между свойствами почв и площадями или глубинами западин, рассчитанными разными способами

Свойства почв, см	Показатель	Типы микрорельефа			Весь участок (без разделения) ($n = 52$)
		радиальн-окуповидный ($n = 24$)	склоны радиально-куповидного ($n = 18$)	плоский ($n = 10$)	
Площадь западины, рассчитанная по карте рельефа (Sh)					
Глубина вскипания	Минимум	16	10	21	10
	Максимум	63	56	70	70
	R	-0.13	-0.33	0.57*	0.45*
Мощность гор. А	Минимум	10	10	10	10
	Максимум	30	35	31	35
	R	0.07	-0.12	0.56*	0.37*
Мощность гумусовых горизонтов (А + АВ)	Минимум	10	10	10	10
	Максимум	47	48	38	48
	R	-0.02	-0.25	0.47	0.25*
Площадь западины, рассчитанная по карте растительности (Sp)					
Глубина вскипания	Минимум	16	10	21	10
	Максимум	63	56	70	70
	R	-0.03	0.18	0.62*	0.5*
Мощность гор. А	Минимум	10	10	10	10
	Максимум	30	35	31	35
	R	0.15	0.16	0.7*	0.42*
Мощность гумусовых горизонтов (А + АВ)	Минимум	10	10	10	10
	Максимум	47	48	38	48
	R	-0.14	0.12	0.57*	0.28*
Площадь западины, рассчитанная по общей площади перекрытия (Sc)					
Глубина вскипания	Минимум	16	10	21	10
	Максимум	63	56	70	70
	R	-0.18	0.12	0.37	0.32*
Мощность гор. А	Минимум	10	10	10	10
	Максимум	30	35	31	35
	R	0.01	0.17	0.34	0.25*
Мощность гумусовых горизонтов (А + АВ)	Минимум	10	10	10	10
	Максимум	47	48	38	48
	R	-0.13	0.16	0.26	0.16
Глубина западины, рассчитанная по карте рельефа (Hh)					
Глубина вскипания	Минимум	16	10	21	10
	Максимум	63	56	70	70
	R	0.09	0.01	0.7*	0.3*
Мощность гор. А	Минимум	10	10	10	10
	Максимум	30	35	31	35
	R	0.18	-0.03	0.48*	0.33*
Мощность гумусовых горизонтов (А + АВ)	Минимум	10	10	10	10
	Максимум	47	48	38	48
	R	0.13	0.06	0.43*	0.27*
Глубина западины, рассчитанная по карте растительности (Hp)					
Глубина вскипания	Минимум	16	10	21	10
	Максимум	63	56	70	70
	R	0.13	0.24*	0.15	0.35*
Мощность гор. А	Минимум	10	10	10	10
	Максимум	30	35	31	35
	R	0.23*	0.09	0.59*	0.4*
Мощность гумусовых горизонтов (А + АВ)	Минимум	10	10	10	10
	Максимум	47	48	38	48
	R	0.13	0.25*	0.58*	0.36*

Примечание: R – коэффициент корреляции.* Значения, значимые с вероятностью $P = 0.95$.

ливают величину глубины вскипания, развитие богатой растительности, а следовательно и формирование мощного гумусового горизонта, наиболее характерного для лугово-каштановых почв. Большое значение имеет и размер западин. Как было сказано выше, на участке с плоским типом микрорельефа преобладают крупные и глубокие западины (площадью > 70 м²) с хорошо развитой разнотравно-злаковой растительностью. Здесь выявлено максимальное обилие и видовое разнообразие растительности, в том числе встречена осока (*Carex supine Willd. Ex Wahlenb* [16]), свидетельствующая о сравнительно более влажных по сравнению с другими участками условиях. Именно сочетание перечисленных факторов (стабильность, подчиненная позиция, крупные размеры западин) и обеспечивает наличие относительно значимой корреляционной связи между свойствами почв и параметрами западин на участке с плоским типом микрорельефа.

Таким образом, классическое представление о том, что размер западины влияет на свойства развитой в ней почвы справедливо лишь для зрелых крупных западин, находящихся в стабильных условиях. А более мелкие западины отличаются большим разнообразием истории своего формирования, которое способствует возникновению широкого спектра сочетаний факторов и связей между компонентами в солонцовом комплексе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Расчет параметров западин показал несоответствие в пространстве их ареалов, выделенных по картам рельефа и растительности. Ареалы, выделенные по растительности, обычно больше, чем ареалы, выделенные по рельефу. Наиболее высокие значения коэффициентов корреляции между свойствами почв и параметрами западин получены при оценке ареалов по карте растительности.

Традиционное мнение о том, что размер западины определяет свойства почв, справедливо только для крупных западин. Корреляционные связи между свойствами почв и параметрами западин отчетливы лишь для микропонижений размером более 70 м², распространенных в плоском типе микрорельефа. В западинах меньшего размера (преобладающих на участках с другими типами микрорельефа) свойства почв определяются другими факторами, действующими совместно (площадь водосбора, форма западины и ее положение относительно других западин, возраст западины, стабильность территории, активность землероев и др.).

Таким образом, наши материалы еще раз указывают на динамичность и широкий спектр сочетаний факторов и связей между компонентами в

солонцовом комплексе глинистой полупустыни Волго-Уральского междуречья.

Мы приносим глубокую благодарность за советы и консультации Н.М. Новиковой и М.П. Лебедевой-Вербе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абатуров Б.Д.* Изменение мелких форм рельефа и водно-физических свойств тяжелосуглинистых почв полупустыни под влиянием пастбищ животных // Почвоведение. 1991. № 8. С. 6–17.
2. *Большаков А.Ф., Боровский В.М.* Почвы и микрорельеф Прикаспийской низменности // Солонцы Заволжья. Мат-лы изысканий, исследований и проектирования ирригации Заволжья. М.–Л. Изд. ВАСХНИЛ, 1937. Вып. VII. С. 134–169.
3. *Дмитриев Е.А.* Математическая статистика в почвоведении. М.: Изд-во МГУ, 1972. 292 с.
4. *Доскач А.Г.* Природное районирование Прикаспийской полупустыни. М.: Наука, 1979. 144 с.
5. *Каменецкая И.В.* Естественная растительность Джаныбекского стационара // Труды комплексной научной экспедиции по вопросам полезащитного лесоразведения. М.: Изд-во АН СССР, 1952. Т. 2. Вып. 3. С. 101–151.
6. *Каменецкая И.В., Гордеева Т.К., Ларин И.В.* Структура и динамика естественной растительности в районе Джаныбекского стационара // Тр. Института леса. М.: Изд-во АН СССР, 1955. Т. XXV. С. 175–211.
7. *Линдеман Г.В., Абатуров Б.Д., Быков А.В., Лопушков В.А.* Динамика населения позвоночных животных Заволжской полупустыни. М.: Наука, 2005. 252 с.
8. *Мозесон Д.Л.* Микрорельеф северо-западной части Прикаспийской низменности и его влияние на поверхностный сток // Тр. Ин-та леса АН СССР, 1955. Т. 25. С. 55–65.
9. *Мозесон Д.Л.* Основные типы западного микрорельефа Волго-Уральского междуречья и его генезис. Тр. Ин-та географии, 1956. Вып. 69. С. 37–91.
10. *Мозесон Д.Л.* Первые итоги изучения микрорельефа комплексной степи северо-западной части Прикаспийской низменности // Тр. комплексной научной экспедиции по вопросам полезащитного лесоразведения. М.: Изд-во АН СССР, 1952. Т. 2. Вып. 3. С. 10–34.
11. *Оловянная И.Н.* Динамика продуктивности растительного покрова в Заволжской глинистой полупустыне Ботан. журн. 2004. Т. 89. Вып. 7. С. 1121–1136.
12. *Роде А.А., Польский М.Н.* Почвы Джаныбекского стационара, их морфологическое строение, механический и химический состав и физические свойства // Тр. Почв. ин-та им. В.В.Докучаева. М.: Изд-во АН СССР, 1961. Т. 56. С. 3–214.
13. *Сапанов М.К.* Условия выращивания защитных насаждений в полупустыне Северного Прикаспия в связи с изменением климата во второй половине XX века // Лесоведение. 2006. № 6. С. 45–51.

14. Сафронова И.Н. О зональном разделении растительного покрова междуречья Волга-Урал // Ботан. журн. 1975. Т. 60. № 6. С. 823–831.
15. Сотнева Н.И. Динамика климатических условий второй половины XX в. района Джаныбекского стационара Северного Прикаспия // Изв. РАН. Сер. геогр. 2004. № 5. С. 74–83.
16. Сухоруков А.П. Конспект видов сосудистых растений Джаныбекского биологического стационара и его окрестности. М.: МАКС пресс, 2005. 34 с.
17. Хитров Н.Б. Варьирование и пространственные закономерности изменения мощности почвенных горизонтов лугово-каштановых почв в солонцовом комплексе // Проблемы почвоведения. Научн. тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. М., 2006. С. 138–173.
18. Хитров Н.Б. Изменение микрорельефа и почвенного покрова солонцового комплекса за вторую половину XX века // Почвы, биогеохимические циклы и биосфера. Развитие идей Виктора Абрамовича Ковды. К 100-летию со дня рождения. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. С. 324–342.
19. Хитров Н.Б. Связь солонцового комплекса Северного Прикаспия с микрорельефом // Почвоведение. 2005. № 3. С. 271–284.

Relationships between Soil Properties and Morphometric Parameters of Depressions in Clay Semidesert of the Trans-Volga Basin

N. P. Shabanova, N. B. Khitrov, and M. I. Gerasimova

The relationships between the morphometric parameters (area and depth) of microdepressions calculated by different methods and the properties of soils (the thickness of humus horizons and the depth of effervescence with HCl) on plots with different types of microrelief were assessed. The boundaries of the depressions determined by different methods (using microrelief and vegetation maps) did not coincide, and the soil polygons and depressions had different areas. The tightest correlation was found between the soil properties and the parameters of the depressions calculated (using the map of the vegetation) for the territories with the flat type of microrelief, where the depressions were the largest ($>70 \text{ m}^2$) and the deepest. In the smaller depressions of the elevated radial-dome-shaped type of microrelief, the properties of the soils in the depressions were controlled not only by the size of the depressions but also by other factors, such as the area of the catchment, the age of the depression, its position relative to other depressions, and the stability of the territory.