

---

---

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ПРИКЛАДНАЯ  
ГЕОМОРФОЛОГИЯ**

---

---

УДК 551.4.013(-925.22)

**ПОЧВЕННО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ КАТЕНА  
“МАЛЫЙ СЫРТ – ПРИКАСПИЙ”**© 2020 г. А. С. Рулев<sup>1,\*</sup>, В. Г. Юфреву<sup>1</sup>, Г. А. Рулев<sup>1</sup><sup>1</sup> *ФНЦ агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН,  
Волгоград, Россия**\*E-mail: rulev54@rambler.ru*

Поступила в редакцию 06.02.2018 г.

После доработки 02.07.2018 г.

Принята к публикации 19.03.2019 г.

Проведено изучение геоморфологических характеристик рельефа Малого Сырта с использованием цифровых моделей рельефа (ЦМР), цифровых моделей местности (ЦММ), разработана регрессионная модель, которая позволила выявить закономерности изменения высот склонов в катенах по их протяжению и выявить их статистические параметры. Установлено, что неоднородность рельефа Малого Сырта оказывает существенное влияние на проявление широтной почвенной зональности по направлению север–юг. Расчленение территории и наличие речных долин способствует неоднородному увлажнению, что приводит к вертикальной дифференциации почв. Почвенный покров относится к Заволжской сухостепной провинции и представлен темно-каштановыми, каштановыми почвами и их в различной степени смытыми видами, лугово- и луговато-каштановыми, лиманными и пойменными почвами, солонцами. Геоинформационные исследования показали связь изменения типов почв с особенностями рельефа. По результатам полевых исследований установлены морфологические и физико-химические признаки и свойства основных типов почв. Проведенные морфодинамические исследования рельефа при помощи геоинформационного картографирования и моделирования, результаты полевых почвенных исследований с уточнением географических координат исследуемых объектов позволили выявить пространственные, линейные и точечные элементы рельефа, характерные изменения пространственного распространения почв, приуроченных к различным формам рельефа, что обеспечило новый уровень знаний о влиянии геоморфологических особенностей рассматриваемой территории на их характеристики.

*Ключевые слова:* геоморфологическая катена, мезозокотон, сырт, модель, морфоскульптура, почвы, засоление

DOI: 10.31857/S0435428120010125

**ВВЕДЕНИЕ**

Геоинформационное исследование на основе катенарного подхода [1] в настоящее время становится одним из основных подходов к комплексному изучению ландшафтов. Оно дает возможность выяснить тип, интенсивность и действие латеральных процессов, ведущих к образованию цепи закономерно сменяющихся топоэдафических единиц от междуречий вниз по склону до дна долины. Каждая катена состоит из морфологических ландшафтных единиц, которые распознаются по их реакции на геоморфологические и почвенные процессы. При этом главным является не расположение в цепи, а пространственная связь, определяемая геоморфологическими процессами.

Изучение почвенно-геоморфологической катены мезоэкотона “Малый Сырт – Хвалынская глинистая равнина Прикаспийской низменности” связано с необходимостью получения новых знаний о характере и динамике изменений в переходной геоморфологической зоне от сыртового рельефа в равнину Прикаспийской низменности.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Использование геоинформационного анализа ландшафтов, как метода исследования, дает возможность за короткое время, за счет консолидации данных, получить совокупную информацию об их состоянии на различных пространственных уровнях, сократив при этом объем наземных исследований, обеспечив научную обоснованность, достоверность полученных результатов [2, 3]. Спектрональные космоснимки высокого разрешения территории исследований, например, со спутников WorldView-3, 4 или Ресурс-П содержат достаточно большой объем данных, которые позволяют выявить особенности изучаемых ландшафтов. Геоинформационный анализ многоплановой информации о ретроспективном и текущем состоянии ландшафтов дает возможность выявить [4, 5] динамику геоморфологических процессов. Изучение и анализ информации разновременных снимков, на которых зафиксированы изменения морфоскульптуры рельефа, дают возможность выявить и оценить процессы и явления, недоступные для выявления наземными исследованиями.

Геоинформационное цифровое картографирование [6–9] обеспечивает геокодирование большого количества разнородных данных о состоянии и функционировании геоморфологических единиц ландшафта. Разработка соответствующих аналитических картографических слоев в геоинформационных программных комплексах, таких как QGIS, ARCINFO и др. позволяет проводить научное обобщение и определять общие закономерности процессов в рассматриваемых ландшафтах.

Рельеф является важным компонентом ландшафта и определяет основные закономерности его функционирования и его устойчивость в целом. Условия функционирования ландшафтов резко изменяются при воздействии экзогенных (природных и антропогенных) процессов. Большое влияние на их состояние оказывают антропогенные, в том числе и техногенные факторы.

Любое внешнее воздействие приводит к изменению параметров верхнего слоя поверхности, его физических характеристик. При этом изменяются плотность и пористость почв. При искусственном изменении рельефа разрушается сложившаяся экосистема. Например, нарушение поверхностного слоя при воздействии природных факторов приводит к развитию ветровой и водной эрозии.

Рельеф, являясь сложной поверхностью, исторически сложившейся в результате совместного воздействия большого количества экзогенных факторов, в трехмерном пространстве может быть представлен моделью, описывающей регуляторную совокупность точек с установленной высотой и координатами, а в четырехмерном пространстве – моделью изменения высоты этих точек с течением времени. При этом предполагается выявление закономерностей такого изменения на основе статистической оценки временного ряда данных [10].

Морфодинамические исследования на основе геоинформационного компьютерного моделирования являются важным, современным методом изучения рельефа, обеспечивающим возможность определения геоморфологических характеристик и выявления границ элементарных, относительно однородных поверхностей катенарных комплексов [11, 12].

Изучение геоморфологических характеристик рельефа Малого Сырта проведено с использованием цифровых моделей рельефа (ЦМР) Aster GDEM, цифровых моделей местности (ЦММ) SRTM 3 и по модельным профилям водоразделов, позволяет вы-

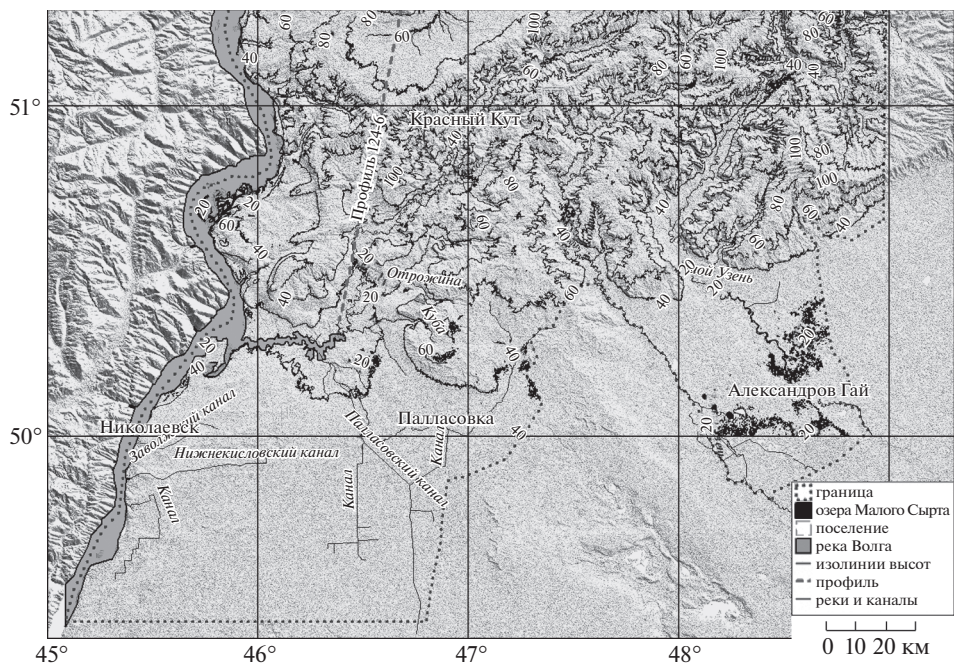


Рис. 1. Карта рельефа мезоэкотона “Малый Сырт” с линией профиля 124-20.

явить закономерности изменения высот водораздельных склонов в катенах по их протяжению и определить их статистические параметры [13–15]. Полевые почвенно-геоморфологические исследования проводились согласно общепринятым методикам.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Почвенно-геоморфологическая катена мезоэкотона “Малый Сырт – Хвалынская глинистая равнина” пересекает южную часть Большого Сырта, выделение которой связано с геоморфологическими переходами Сыртового рельефа в поверхность Прикаспийской низменности. Территориально Малый сырт располагается на территориях Саратовской и Волгоградской областей и Республики Казахстан в пределах примерно от  $49^{\circ}30'$  до  $51^{\circ}30'$  северной широты на левом берегу Волги (рис. 1).

На формирование современных форм рельефа Малого Сырта влияют активные эрозийные процессы природного характера и антропогенное воздействие [15–19]. Равнинность и ступенчатость рельефа являются характерными особенностями Общего сырта, включая Малый Сырт.

Катена (пространственное размещение профиля 124-20 представлено на рис. 1, профиль 124-20 на рис. 2) пересекает следующие геоморфологические поверхности:

- водораздельные поверхности среднеплейстоценового возраста (I);
- денудационно выработанные поверхности склонов водораздельных пространств среднеплейстоценового возраста (II);
- аллювиальные поверхности равнин раннехвалынского возраста (III);
- аллювиальные поверхности террас позднехвалынского возраста (Еруслан долина – залив) (IV);

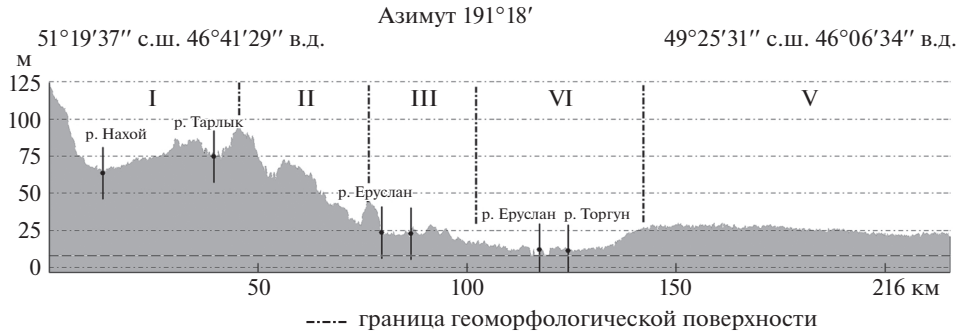


Рис. 2. Профиль рельефа 124-20, пересекающий геоморфологические поверхности мезозонотона “Малый Сырт”.

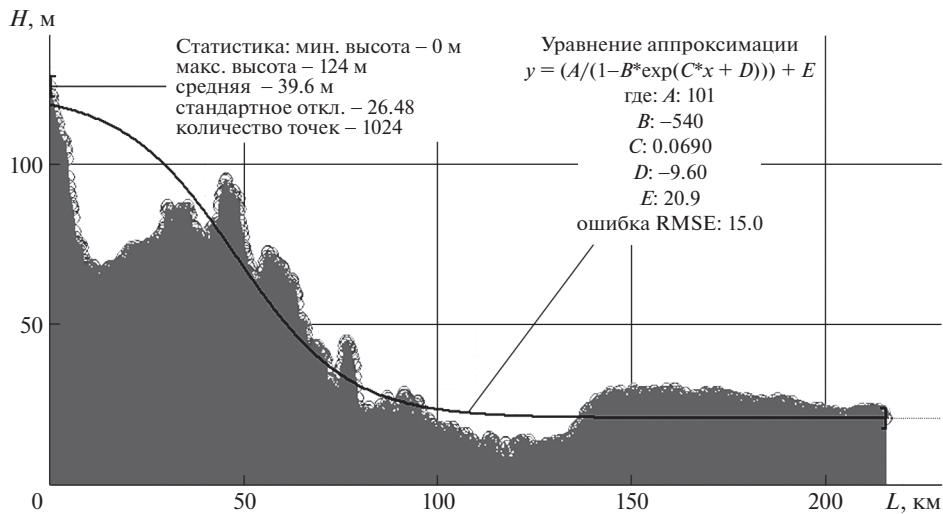


Рис. 3. Модель профиля рельефа 124-20 мезозонотона “Малый Сырт”.

– аккумулятивные лимано-морские поверхности равнин раннехвалынского возраста низкого уровня (V).

Выявлены закономерности изменения высот водораздельных склонов в катене по профилю 124-20 и их статистические характеристики (рис. 3).

Получены коэффициенты уравнения регрессии логистической функции, представляющей собой модель изменения высот (H, м) по протяженности (L, км) профиля 124-20 в виде:

$$H = 20.9 + 101 / (1 + 540 \exp(0.069L - 9.6)).$$

Применение полученной модели дает возможность определить вероятные высоты рассматриваемой катены.

Неоднородность рельефа Малого Сырта оказывает существенное влияние на проявление широтной почвенной зональности по направлению север–юг. Расчленение территории и наличие речных долин способствуют неоднородному увлажнению, что

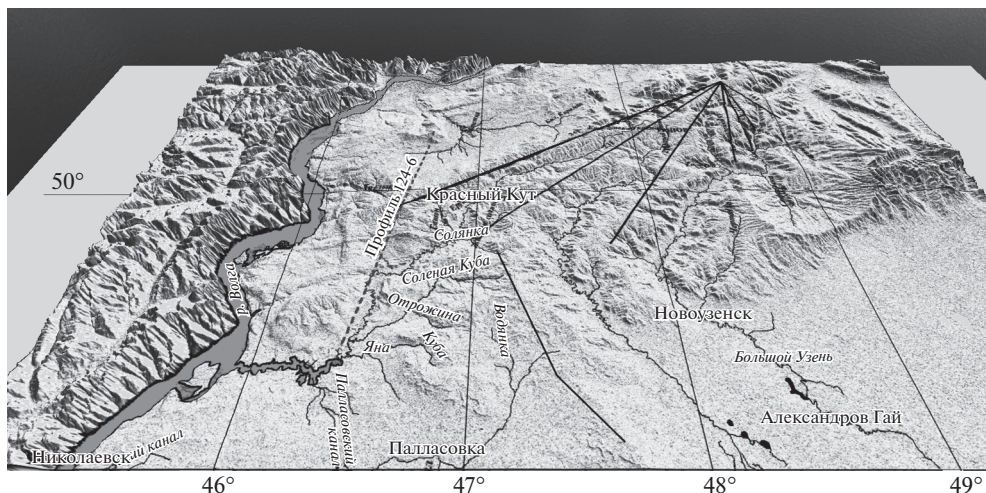


Рис. 4. Визуализация трехмерной модели рельефа с линиями модельных профилей.

приводит к вертикальной дифференциации почв. Визуализация трехмерной модели рельефа с линиями модельных профилей показана на рис. 4.

Геоинформационные геоморфологические исследования особенностей направлений склонов показали, что основные водотоки исходят из области с координатами  $51^{\circ}41'26''$  с.ш. и  $48^{\circ}44'16''$  в.д., имеющей абс. высоту 134 м; таких водотоков семь: рр. Б. Караман, Еруслан, Б. и М. Узень и притоки Камышлейка, Семениха, Камышев-ка. Водоразделы их водосборов до широты примерно  $50^{\circ}45'$  имеют азимуты  $241^{\circ}$ ,  $231^{\circ}$ ,  $214^{\circ}$ ,  $197^{\circ}$ ,  $179^{\circ}$ ,  $162^{\circ}$  и  $141^{\circ}$ . При этом два водотока принадлежат водосбору реки Волга, а пять — к водосбору системы озер Прикаспийской низменности.

В пределах Волгоградской и Саратовской областей почвенный покров территории исследований относится к Заволжской сухостепной провинции и представлен темно-каштановыми, каштановыми почвами и их в различной степени смытыми видами, лугово- и луговато-каштановыми, лиманными и пойменными почвами, солонцами.

Характерными признаками большинства почвенных видов каштанового типа являются малогумусность, сильно выраженная дифференцированность профилей на генетические горизонты, наличие плотных карбонатных слоев, глинистый и тяжелосуглинистый гранулометрический состав, развитие солонцового процесса и комплексность почвенного покрова [20].

Геоинформационный слой “почвы”, разработанный на основе почвенных карт [20] методом векторизации и геокодирования почвенных контуров, показывает распределение типов почв на территории мезоэкотона “Малый сырт” (рис. 5). На рис. 6 показан профиль 124-20 (табл. 1).

Каштановые почвы залегают к югу от реки Иргиз до широты  $50^{\circ}20'$ . Северные участки заняты темно-каштановыми и каштановыми почвами. По гранулометрическому составу преобладают глинистые и тяжело-глинистые почвы; в пойме р. Еруслан встречаются почвы более легкого гранулометрического состава. В южной части Малого Сырта развиты светло-каштановые почвы, а южнее широты  $50^{\circ}20'$  в долинах рр. Еруслан, Кушум, Каменка, Б. и М. Узень всю территорию занимают солонцы и почвы солонцового типа. В юго-восточной части Малого Сырта встречаются солончаки. На геоинформационном слое “Почвы Малого Сырта” (см. рис. 5) просматривается изменение типов почв, связанное с особенностями рельефа (см. рис. 6).

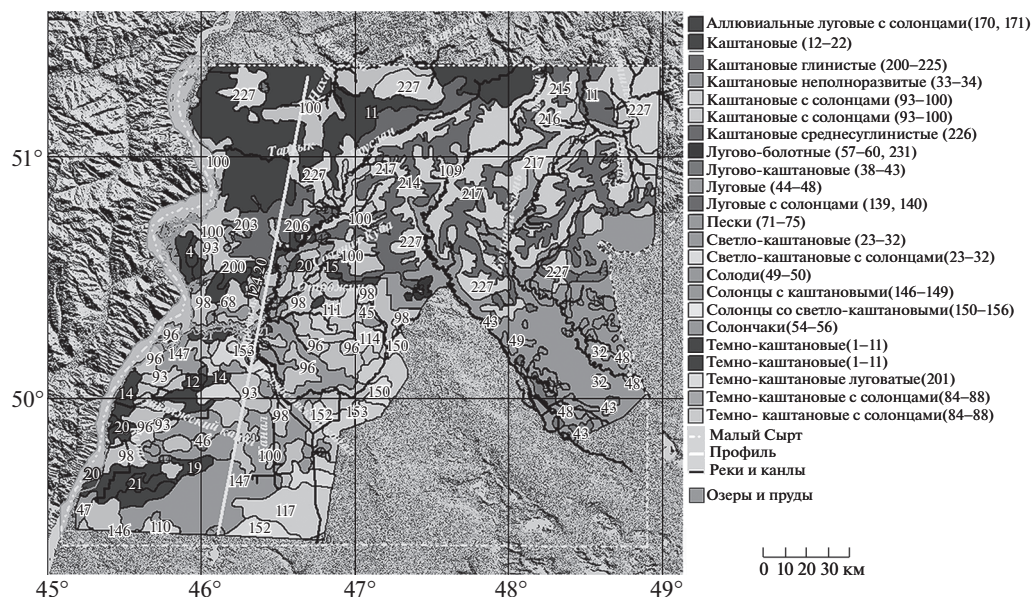


Рис. 5. Почвенная схема мезозотона “Малый сырт”.

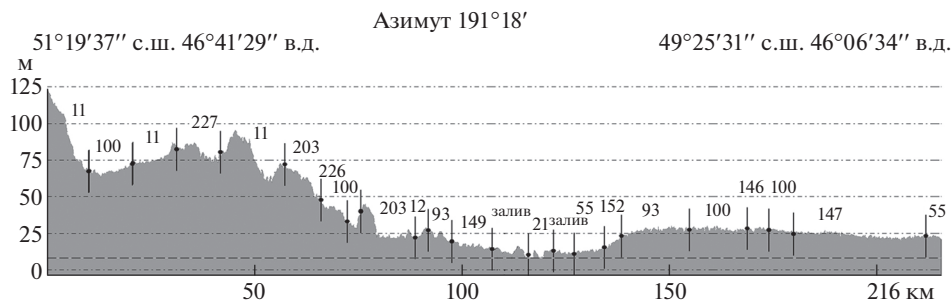


Рис. 6. Профиль 124-20 с приуроченными границами контуров почв.

11 – темно-каштановые, 12 – каштановые, 21 – каштановые, 55 – солончаки, 93 – каштановые с солонцами, 100 – каштановые с солонцами, 146 – солонцы с каштановыми, 147 – солонцы с каштановыми, 149 – солонцы с каштановыми, 152 – солонцы со светло-каштановыми, 227 – темно-каштановые луговатые, 203 – каштановые глинистые, 226 – каштановые среднесуглинистые.

Морфологические и физико-химические признаки и свойства представленных по профилю основных типов почв проводятся по материалам собственных полевых исследований и работе К.И. Зайченко, Б.А. Исупова (табл. 2) [21].

Наиболее благоприятными для произрастания растений являются темно-каштановые, каштановые и луговато-каштановые несолонцеватые почвы.

На значительной части низкой сыртовой равнины, ее абразионно-эрозионного склона и высокой нижнехвалынской террасы засоление в слое 0–1 м отсутствует (табл. 3). Средневзвешенное содержание солей не превышает 0.05% при хлоридном, 0.1 при сульфатно-хлоридном и 0.2–0.3% при хлоридно-сульфатном и сульфатном типах засоления. Как правило, районам с наименьшим овражно-балочным расчленением

**Таблица 1.** Характеристики профиля

Начало профиля	51° 19' 37" с.ш., 46° 41' 29" в.д.
Конец профиля	49° 25' 31" с.ш., 46° 06' 34" в.д.
Высота в начале профиля, м	124
Высота в конце профиля, м	21
Длина профиля, км	215.56
Перепад высот в начале и в конце профиля, м	103
Максимальная высота, м	124
Минимальная высота, м	8
Азимут	191° 17' 53"
Общий угол склона, град	0.03
Максимальный угол склона, град	1.66

**Таблица 2.** Морфологические и физико-химические свойства основных типов почв, распространенных на территории исследований

Мощность генетических горизонтов от поверхности, см					Начало выделения карбонатов, см
A+B <sub>1</sub>	A	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	BC	
Темно-каштановые средне- и маломощные					
—	20–25	33–38	51–59	61–100	32–57
Темно-каштановые слабосмытые					
24–30	—	—	27–79	70–94	—
Темно-каштановые среднесмытые					
19–23	—	—	24–51	59–93	—
Каштановые среднемощные					
19–29	—	33–42	47–59	64–100	38–84
Каштановые маломощные					
17–24	—	30–33	44–57	60–71	0–44
Каштановые средне- и сильносолонцеватые					
19–24	—	31–38	40–57	69–79	21–46
Каштановые солонцеватые солончаковатые					
18–30	—	30–36	46–58	60–89	0–47
Темно-каштановые луговатые					
—	20–41	40–57	56–72	76–120	56–120

ем свойственно наименьшее распространение незасоленных почв. Это участки сыртовой равнины, а также выровненные территории третьей нижнехвалынской террасы. Как только расчленение эрозионными формами возрастает, начинают встречаться очаги слабой и средней степени засоления в первой метровой толще. Они в основном приурочены или к часто расходящемуся овражно-лощинному вееру в верховьях балочных систем, или к наиболее расчлененным участкам близко расположенных долин. Здесь в слое 0–1 м наиболее частыми являются слабая и средняя степень сульфатного и хлоридно-сульфатного засоления.

Степень и химизм засоления первого метра при движении с высоких уровней рельефа на более низкие отчетливо коррелируют с особенностями мезо- и микроре-

Таблица 3. Химические показатели почв мезозоктона "Малый сырт"

Генетические горизонты	Глубина отбора проб, см	pH водный	Гумус, %	Поглощенные основания, мг×экв./100 г почвы			Na <sup>+</sup> от суммы, %	Подвижные формы, мг/100 г почвы			CO <sub>2</sub> карбонатов, %	
				Ca <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>		гидролиз азот	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		
Темно-каштановая среднеломкая глубокозасоленная тяжелосуглинистая												
A+B <sub>1</sub>	0-28	6.9	3.51	24.46	6.35	0.63	31.44	2.0	9.6	2.65	33.0	0.27
B <sub>2</sub>	26-53	7.4	2.20	22.18	7.05	0.95	30.18	3.1	2.9	0.70	16.5	3.26
BC	54-75	7.6	1.1	—	—	—	—	—	—	—	—	4.99
Темно-каштановая слабосырая глубокосолончаковая тяжелосуглинистая												
A+B <sub>1</sub> пахот.	0-24	7.2	2.71	22.19	3.41	0.75	26.35	2.8	7.7	1.90	27.0	0.45
B <sub>2</sub>	30-47	7.8	1.75	21.73	4.85	0.71	27.29	2.6	3.1	0.60	14.30	5.20
Темно-каштановая среднесырая глубокосолончаковая тяжелосуглинистая												
A+B <sub>1</sub> +B <sub>2</sub> пахот.	0-28	7.4	2.05	18.19	4.12	0.90	23.21	3.9	4.50	1.23	19.40	2.31
Каштановая среднеломкая тяжелосуглинистая												
A+B <sub>1</sub> пахот.	0-27	7.1	2.83	22.96	4.11	0.35	27.42	1.3	7.4	1.66	29.05	0.44
B <sub>2</sub>	39-56	7.5	1.90	17.23	4.12	0.65	22.00	3.0	2.3	0.75	13.0	2.75
Каштановая солонцеватая солончаковая тяжелосуглинистая												
A+B <sub>1</sub> пахот.	0-2	7.3	1.96	26.80	3.47	2.85	33.12	8.6	6.05	1.14	23.80	0.45
B <sub>2</sub>	40-55	7.9	0.71	—	—	—	—	—	3.20	0.55	12.50	3.80
Луговое-каштановая												
A	0-10	7.1	5.9	30.1	6.09	1.0	37.19	2.7	11.4	4.0	42.70	0.20
A	11-30	7.3	4.7	24.3	5.10	1.1	30.5	3.3	6.8	3.5	38.60	0.40
B <sub>1</sub>	32-46	7.3	3.8	27.8	7.03	1.2	36.03	3.3	4.03	2.0	32.30	0.80
B <sub>2</sub>	47-70	7.5	2.4	20.19	4.44	0.9	25.53	3.5	—	—	21.50	1.2
Солонец средний глинистый												
A	0-10	7.2	2.77	16.07	9.05	1.0	26.12	3.84	6.11	1.88	16.27	0.40
B <sub>1</sub>	11-23	7.4	1.79	19.22	9.95	6.05	35.26	17.3	4.84	2.10	18.63	0.61
B <sub>2</sub>	24.60	7.8	1.05	14.51	6.14	3.18	23.83	13.3	—	—	12.12	2.18



лефных изменений зоны сочленения второй и третьей нижнехвалынских террас. Так, например, незасоленный контур сменяется узкой полосой сульфатно-хлоридного засоления слабой степени, которая, в свою очередь, сменяется более широкой полосой хлоридно-сульфатного засоления средней степени.

Нижнехвалынская терраса, в сложении которой участвуют “шоколадные” глины, отличается заметной пестротой засоления первого метра. Здесь доминирует сульфатно-хлоридное засоление средней и сильной степени. Субширотная полоса почв в зоне тылового шва второй хвалынской террасы имеет среднюю степень засоления со средневзвешенной величиной сухого остатка 0.6–0.5% и содержанием солей 120 т/га. На юго-востоке террасы распространено хлоридно-сульфатное засоление очень сильной степени. Плотный остаток составляет 1.0–1.5%, солевой запас 360 т/га [21]. Самая южная полоса террасы, обрамляющая береговую линию Волгоградского водохранилища и часто расчлененная оврагами, имеет хлоридное засоление сильной степени. Средневзвешенное содержание солей 0.7–0.9%, запас солей 150–170 т/га.

При движении на восток к долине р. Еруслан незасоленные участки почв сыртовой равнины сменяются сульфатным и хлоридно-сульфатным засолением средней степени. Причем по мере снижения абсолютных отметок сульфатное засоление сменяется хлоридно-сульфатным, а последнее – сульфатно-хлоридным. Наконец, почвы второй террасы Еруслана, сложенной зеленовато-серыми глинами и суглинками, фациально замещающими “шоколадные” глины, имеют сильное хлоридное засоление.

Указанное ранее увеличение степени засоления первого метра в наиболее изрезанных овражно-балочной сетью участках склона сыртовой равнины проявилось и в нижележащем метровом слое. Например, при прочих равных условиях сильно изрезанная оврагами южная часть склона во втором метре имеет очень сильную степень хлоридно-сульфатного засоления.

Следующей особенностью засоления слоя 1–2 м является более резкая, нежели в вышележащем, смена его степени и химизма при переходе от одного геоморфологического уровня к другому. Если для первой метровой толщи в полосе делювиального сочленения второй и третьей хвалынских террас наблюдается постепенный переход от незасоленных почвогрунтов к слабозасоленным и от них к средне- и сильнозасоленным, то для слоя 1–2 м из этой цепи часто выпадает звено слабозасоленной степени, а на западе и юго-западе территории зона распространения незасоленных почвогрунтов 2-метровой толщи сразу сменяется сильным и очень сильным засолением.

Вторая хвалынская терраса, сложенная сверху “шоколадными” глинами и их мало-мощным элювием, имеет сильную и очень сильную степень хлоридного и сульфатно-хлоридного засоления. Средневзвешенный плотный остаток составляет 0.7–1.2%. Валовое содержание солей равно 153–172 т/га.

Химизм засоления почвенного покрова как по катионному, так и анионному составу отражает дифференциацию качественного и количественного состава солей в зависимости от геоморфологических условий местности. Для низкой аккумулятивно-эрозийной сыртовой равнины свойственно кальциево-натриевое засоление. Нижнехвалынская третья терраса имеет аналогичный катионный состав. В зоне сочленения обеих террас катионный состав пестрый. Хотя преобладающим является по-прежнему кальций-натриевое, однако встречается также магний-натриевое, натрий-кальциевое засоление. Вторая хвалынская терраса характеризуется в основном натрий-кальциевыми и магний-натриевыми отношениями катионов.

Таким образом, вышеизложенный анализ характера засоления почвенно-грунтовой толщи показывает, что наиболее благоприятными для земледелия являются почвы равнинных пространств сыртовой равнины и высокой нижнехвалынской террасы.

Засоленность грунтовой толщи глубже двух метров находится в прямой зависимости от геолого-геоморфологических условий. Так, сыртовая равнина характеризуется сульфатным и хлоридно-сульфатным засолением с максимумом солей в интервале

4–10 м. Величина плотного остатка 0.7–1.5%. Грунтовая толща третьей нижнехвалынской террасы имеет все типы засоления сильной и очень сильной степени. Доминирующим типом засоления второй нижнехвалынской террасы является хлоридный и сульфатно-хлоридный с максимумом до 1.0–1.2% на глубине 2.5–7.5 м.

Долина р. Еруслан имеет четвертичный возраст. Ее формирование началось в конце плиоцена и завершилось в позднем голоцене после новокаспийской трансгрессии. За пределами подпора водохранилища она имеет четыре высотных уровня, представленные уже описанной выше второй нижнехвалынской террасой или третьей надпойменной террасой р. Еруслан. Вторая аккумулятивная терраса реки возвышается над ее уровнем на 10–12 м и сложена чередующимися песчано-глинистыми и суглинистыми отложениями. Здесь сформировались аллювиальные луговые почвы, трансформировавшиеся на значительной площади в каштановые. Первая терраса невысокая (5–6 м). Почвенный фон образован аллювиальными луговыми почвами. Пойма возвышается над урезом воды на 2.5–3.0 м, сложена супесями, песками и суглинками. Почвы аллювиальные, дерновые слоистые супесчаные, а также их примитивные и погребенные аналоги.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проведенные морфодинамические исследования при помощи компьютерного цифрового моделирования и полевые почвенные исследования позволили выявить морфоскульптуру рельефа территории мезоэкотона “Малый сырт”, выделить пространственные, линейные и точечные элементы рельефа, что обеспечило определение их характеристик с уточнением географических координат исследуемых объектов. Разработанные векторные почвенные картографические слои позволили определить пространственную дифференциацию почв в катене Малого Сырта, выявить их морфологические и физико-химические признаки и свойства, установить, что степень и химизм засоления почв при движении с высоких уровней рельефа на более низкие корреляционно связаны с особенностями изменений мезо- и микрорельефных зон сочленения нижнехвалынских террас. Полученные в ходе исследований результаты могут быть реализованы в программах реабилитации и восстановления ландшафтов в сложных, меняющихся условиях рассматриваемого экотона.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рулев А.С., Юферев В.Г. Геоинформационный анализ ландшафтных катен Волго-Иловлинского междуречья // Вестн. Волгогр. гос. ун-та. Сер. 11. Естественные науки. 2012. № 2 (4). С. 56–64.
2. Берлянт А.М., Кошкарев А.В., Тикунов В.С. Картография и геоинформатика // Итоги науки и техники. Сер. Картография. М.: ВИНТИ, 1991. Т. 14. 176 с.
3. Рулев А.С., Юферев В.Г. Математико-геоморфологическое моделирование эрозионных ландшафтов // Геоморфология. 2016. № 3. С. 36–45.
4. Remote Sensing Science and Industry // Proceedings of the Remote Sensing Society, 11–14 September, 1996, University of Durham. 1996. 715 p.
5. Rubec C.D.A. Applications of remote Sensing in ecological land survey in Canada // Canadian Journal of Remote Sensing. 1984. Vol. 9. No. 1. P. 19–30.
6. Анопин В.Н., Рулев А.С. Картографирование деградированных ландшафтов Нижнего Поволжья. Волгоград: ВолгАСУ, 2007. 168 с.
7. Оценка качества окружающей среды и экологическое картографирование / Под ред. Н.Ф. Глазовского. М.: ИГРАН, 1995. 213 с.
8. Рулев А.С., Юферев В.Г., Юферев М.В. Геоинформационное картографирование и моделирование эрозионных ландшафтов. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2015. 150 с.
9. Степанов И.Н. Теория пластики рельефа и новые тематические карты. М.: Наука, 2006. 176 с.
10. Анисимов В.И. Основы морфометрического анализа рельефа. Грозный: ЧИГУ, 1987. 91 с.

11. Рулев А.С., Юферева В.Г., Юферева М.В. Методология геоинформационного моделирования // Вестн. Российской академии сельскохозяйственных наук. 2011. № 5. С. 5–6.
12. Трофимов А.М., Московкин В.М. Математическое моделирование в геоморфологии склонов. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1983. 219 с.
13. Ефимова М.Р., Рябцев В.М. Общая теория статистики. М.: Финансы и статистика, 1991. 304 с.
14. Matheron G. Principles of geostatistics // Econom. Geol. 1963. Vol. 58. P. 1246–1266.
15. Бронгулеев В.Вад. Математические методы в геоморфологии: избранные работы / Сост. А.Н. Маккавеев. М.: Медиа-ПРЕСС, 2018. 128 с.
16. Бобровицкая Н.Н. Методические рекомендации по применению материалов аэрофотосъемок для исследования и расчета характеристик водной эрозии почв. Л.: Гидрометеоздат, 1986. 110 с.
17. Dicky E. and Jasa P. Soil erosion: mechanisms and control // Mitchell Farm, Ranch and Houn Quarterli. 1984. Vol. 30. (3a special). P. 6–8.
18. Карандеева М.В. Геоморфология европейской части СССР. М.: Изд. МГУ, 1957. 314 с.
19. Пролеткин И.В. История развития рельефа и перестройки речной сети Приволжской возвышенности и сопредельных с ней территорий [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://ogis.sgu.ru/ogis/gis\\_otd/publ37.htm](http://ogis.sgu.ru/ogis/gis_otd/publ37.htm).
20. Усов Н.И. Почвы Саратовской области. Ч. 2. Заволжье. Саратов: ОГИЗ Саратовское обл. изд-во, 1948. 363 с.
21. Зайченко К.И., Исупов Б.А. Лесорастительная оценка контактной зоны Общего Сырта и Прикаспия на основе почвенно-геоморфологического районирования // Методы исследования водной эрозии в противоэрозионной лесомелиорации / Сб. науч. тр. ВНИАЛМИ. 1989. Вып. 1 (96). С. 191–213.

### Soil-Geomorphological Catena “the small syrt Upland – the caspian Lowland”

A. S. Rulev<sup>a,#</sup>, V. G. Yuferev<sup>a</sup>, and G. A. Rulev<sup>a</sup>

<sup>a</sup> All-Russian Research Institute of Agroforest Amelioration RAS, Volgograd, Russia

<sup>#</sup> E-mail: rulev54@rambler.ru

The study of the geomorphological characteristics of the Small Syrt relief using digital elevation models (DEM) and terrain models (TM) allowed to develop a regression model and to reveal the patterns of change in the slope heights in the catenas and to determine their statistical parameters. It was established that the topographic inhomogeneity in the Small Syrt has a significant effect on the manifestation of latitudinal zonality of soils. The dissection of the territory and the presence of river valleys contributes to the inhomogeneity of wetting, which leads to vertical differentiation of soils. The soil cover in the studied area belongs to the Zavolzhskaya dry steppe province represented by dark-chestnut, chestnut soils and in varying degrees, by the eroded types of meadow- and meadow-chestnut, estuary and floodplain soils, alkaline soils. Geoinformation researches of topography and soil contours showed a relationship of the change of soil types with terrain features. According to the results of field studies, morphological and physico-chemical characteristics were found and properties were presented on the profile of the main soil types. The conducted morphodynamic studies allowed to reveal the morphosculpture, spatial, linear and point landscape elements, characteristic changes in the spatial distribution of the soils related to the relief and provided new knowledge about the influence of the geomorphological features considered by the territory on their characteristics.

**Keywords:** geomorphological catena, mesoecoton, syrt, model, morphosculpture, soil, salinization

### REFERENCES

1. Rulev A.S. and Yuferev V.G. *Geoinformatsionnyi analiz landshaftnykh katen Volgo-Ilovinskogo mezhdurech'ya* (Geoinformational analysis of the landscape of the Volga-Ilovinsky interfluves). *Vest-*

- nik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 11. Estestvennyye nauki.* 2014. No. 1(7). P. 35–40. (in Russ.)
2. Berlyant A.M., Koshkarev A.V., and Tikunov V.S. *Kartografiya i geoinformatika. Itogi nauki i tekhniki. Seriya. Kartografiya* (The results of science and technology). Moscow: VINITI (Publ.), 1991. Vol. 14. 176 p. (in Russ.)
  3. Rulev A.S. and Yuferev V.G. *Matematiko-geomorfologicheskoe modelirovanie erozionnykh landshaftov* (Mathematical-geomorphological modeling of erosion landscapes). *Geomorfologiya (Geomorphology RAS)*. 2016. No. 3. P. 36–45. (in Russ.)
  4. Remote Sensing Science and Industry. *Proceedings of the Remote Sensing Society*. 11–14 September. 1996. University of Durham (Publ.), 1996. 715 p.
  5. Rubec C.D.A. Applications of remote Sensing in ecological land survey in Canada. *Canadian Journal of Remote Sensing*. 1984. Vol. 9. No. 1. P. 19–30.
  6. Anopin V.N. and Rulev A.S. *Kartografirovanie degradirovannykh landshaftov Nizhnego Povolzh'ya* (Mapping of the degraded landscapes of the Lower Volga Region). Volgograd: VolGASU (Publ.), 2007. 168 p. (in Russ.)
  7. *Ocenka kachestva okruzhayushchei sredy i ekologicheskoe kartografirovanie* (Environmental quality assessment and ecological mapping). Ed. by N.F. Glazovskij. Moscow: IGRAN (Publ.), 1995. 213 p. (in Russ.)
  8. Rulev A.S., Yuferev V.G., and Yuferev M.V. *Geoinformatsionnoye kartografirovanie i modelirovanie erozionnykh landshaftov* (Geoinformation mapping and modeling of erosion landscapes). Volgograd: VNIALMI (Publ.), 2015. 150 p. (in Russ.)
  9. Stepanov I.N. *Teoriya plastiki rel'yefa i novye tematicheskie karty* (The theory of relief plastic and new thematic maps). Moscow: Nauka (Publ.), 2006. 176 p. (in Russ.)
  10. Anisimov V.I. *Osnovy morfometricheskogo analiza rel'efa* (Basics of the morphometric analysis of the relief). Groznyj (Publ.), 1987. 91 p. (in Russ.)
  11. Rulev A.S., Yuferev V.G., and Yuferev M.V. *Metodologiya geoinformatsionnogo modelirovaniya* (Methodology of geoinformation modeling). *Vestnik Rossiiskoi akademii sel'skokhozyaistvennykh nauk* (Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences). 2011. No. 5. P. 5–6. (in Russ.)
  12. Trofimov A.M. and Moskovkin V.M. *Matematicheskoe modelirovanie v geomorfologii sklonov* (Mathematical modeling in slopes geomorphology). Kazan': Izd-vo Kazanskogo universiteta (Publ.), 1983. 219 p. (in Russ.)
  13. Efimova M.R. and Ryabtsev V.M. *Obshchaya teoriya statistiki* (General theory of statistics). Moscow: Finansy I statistika (Publ.), 1991. 304 p. (in Russ.)
  14. Matheron G. Principles of geostatistics. *Econom. Geol.* 1963. Vol. 58. P. 1246–1266.
  15. Bronguleev V.Vad. *Matematicheskie metody v geomorfologii: izbrannye raboty* (Mathematical methods in geomorphology: selected works). Comp. A.N. Makkaveev. Moscow: Media-PRESS (Publ.), 2018. 128 p. (in Russ.)
  16. Bobrovitskaya N.N. *Metodicheskie rekomendatsii po primeneniyu materialov aerofotos"emok dlya issledovaniya i rascheta kharakteristik vodnoi erozii pochv* (Methodical recommendations on the use of aerial photography materials for the study and calculation of the characteristics of soil water erosion). Leningrad: Gidrometeoizdat (Publ.), 1986. 110 p. (in Russ.)
  17. Dicky E. and Jasa P. Soil erosion: mechanisms and control. *Mitchell Farm, Ranch and Houm Quarterli.* 1984. Vol. 30. (3a special). P. 6–8. (in Russ.)
  18. Karandeeva M.V. *Geomorfologiya evropeiskoi chasti SSSR* (Geomorphology of the European part of the USSR). Moscow.: Izd-vo MGU (Publ.), 1957. 314 p. (in Russ.)
  19. Proletkin I.V. *Istoriya razvitiya rel'efa i perestroiki rechnoi seti Privolzhskoi vozyvshennosti i sopedel'nykh s nei territorii* (The history of the development of relief and restructuring of the river network of the Volga Upland and adjacent territories). Available at: [http://ogis.sgu.ru/ogis/gis\\_otd/publ37.htm](http://ogis.sgu.ru/ogis/gis_otd/publ37.htm). (in Russ.)
  20. Usov N.I. *Pochvy Saratovskoi oblasti. Chast' 2. Zavolzh'e* (Soils of the Saratov region. Part 2. The Trans-Volga). Saratov: OGIZ Saratovskoye oblastnoye izdatel'stvo (Publ.), 1948. 363 p. (in Russ.)
  21. Zajchenko K.I. and Isupov B.A. *Istoriya razvitiya rel'efa i perestroiki rechnoi seti Privolzhskoi vozyvshennosti i sopedel'nykh s nei territorii* (Forest vegetation assessment of the contact zone of the Obshchij Syrt and Caspian Sea based on soil geomorphological zoning), in *Metody issledovaniya vodnoi erozii v protivoerozionnoi lesomelioratsii.* (Publ.). Iss. 1 (96). P. 191–213. (in Russ.)