

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

ГРНТИ 68.05.01

DOI: 10.51886/1999-740X_2026_3_5

С. Калдыбаев¹, К. Ержанова¹, Н. Бекмухамедов³, К. Кушенов⁴, А. Наушабаев¹,
К. Мансурова^{2*}, А. Абай^{1,2}, А. Сахбек⁵

**ЦИФРОВИЗАЦИЯ СОЛОНЦОВЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ПАСТБИЩАХ КАЗАХСТАНА
С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ В ПУСТЫННОЙ, ПРЕДГОРНОЙ
ПОЛУПУСТЫННОЙ (ВЕРТИКАЛЬНОЙ), ПОЛУПУСТЫННОЙ (ШИРОТНОЙ) И
СУХОСТЕПНОЙ ЗОНАХ**

¹Казахский национальный аграрный исследовательский университет,
050010, Алматы, пр. Абая, 8, Казахстан

²Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии
имени У.У. Успанова, 050060, Алматы, пр. аль-Фараби, 75В, Казахстан,
*e-mail: mansurova_kamshat@mail.ru

³Национальный центр космических исследований и технологий,
050010, Алматы, ул. Шевченко, 15, Казахстан

⁴Казахский научно-исследовательский институт животноводства и
кормопроизводства, 050071, Алматы, ул. Жандосова, 51, Казахстан

⁵Научно-исследовательский центр экологии и окружающей среды
Центральной Азии (Алматы), 050060, Алматы, пр. аль-Фараби, 75В, Казахстан.

Аннотация. В Казахстане научно-методические и практические подходы к управлению и мониторингу солонцовых земель пастбищ на основе цифровых технологий находятся на стадии формирования и требуют дальнейшего развития. Авторами разработаны и использованы данные наземных исследований солонцовых земель на пастбищах для составления информационной базы данных и цифровизации земельных ресурсов Казахстана. Изучено современное состояние солонцовых земель на пастбищах путем полевых работ по маршрутам, охватывающим территорию 12 административных областей республики. Составлена база данных солонцовых пастбищ пустынной, предгорной полупустынной (вертикальная), полупустынной (широтная) и сухостепной зон, включающая следующие показатели: тип и подтип почвы, морфология профиля, содержание гумуса, питательных элементов, воднорастворимых солей, гранулометрический состав, поглощенные основания и емкость катионного обмена.

Ключевые слова: цифровизация, информационная база, солонцы, ГИС технология, пастбища, интерактивная карта.

ВВЕДЕНИЕ

Президент Республики Казахстан Касым-Жомарт Кемелевич Токаев в своем послании народу Казахстана от 08 сентября 2025 года «Казахстан в эпоху искусственного интеллекта: актуальные задачи и их решения через цифровую трансформацию», говорил о важности превращения Казахстана в течение трех лет в полноценную цифровую страну [1]. В связи с этим особое место для развития АПК Казахстана будет отведено цифровизации

земель сельскохозяйственного назначения. В этом аспекте создание информационной базы данных солонцовых земель Казахстана в рамках исполнения поручений Главы Государства по внедрению цифрового мониторинга и контроля за рациональным использованием земель сельскохозяйственного назначения своевременно и актуально.

На современном этапе развития технического и технологического уровня науки проблема получения информации о состоянии земли и земной

поверхности решается с применением дистанционных методов, позволяющих оперативно получать достаточно полный объем сведений на обширной территории республики. Поэтому космическому зондированию, как методу оперативного и масштабного мониторинга сельскохозяйственных угодий, практически нет альтернативы.

По данным комитета по управлению земельными ресурсами Республики Казахстан площадь солонцовых почв составляет 61,5 млн га, урожайность на этих угодьях очень низкая по сравнению с зональными почвами. При этом исследователями научных учреждений и практикой передовых хозяйств доказана возможность повышения продуктивности естественных кормовых угодий на солонцовых землях в 2-3 раза. Освоение солонцовых почв является дополнительным источником увеличения производства кормов для растущего животноводства, и, это в первую очередь относится к обширной территории Казахстана, где 30% земель сельскохозяйственного использования представлено низкопродуктивными солонцовыми почвами [2].

Географические информационные системы (ГИС) позволяют специалистам в области сельского хозяйства эффективно интегрировать и использовать имеющиеся источники цифровой и картографической информации для повышения качества принимаемых решений. Применение ГИС способствует внедрению принципов устойчивого развития и интегрированного управления земельными ресурсами.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования по созданию базы данных солонцовых земель на пастбищах с применением ГИС технологий по географическим или климатическим зонам Казахстана выполнены в 2024-2025 годы НАО «Казахский Национальный аграрный исследовательский университет». Мониторинговые исследова-

ния проведены в областях Алматинской, Жетісу, Жамбылской, Туркестанской, Кызылординской, Мангыстауской, Атырауской, Карагандинской, Улытау, Акмолинской, Актюбинской и Западно-Казахстанской с применением ГИС-технологии.

Исследования проведены с применением цифровых технологий. Картографический метод является ведущим методом отображения солонцовых земель на пастбищах и включает в себя изучение солонцовых угодий в их взаимосвязи с другими компонентами природно-сельскохозяйственных систем. Большое внимание было уделено методу дешифрирования данных дистанционного зондирования, который позволил оперативно решать задачи по определению участков солонцовыми почвами, выявлению изменения их состояния, уточнению границ контуров [3, 4].

Проведено полевое экспедиционное обследование, включающее различные методы исследования на ключевых участках и их профилирование. Определены экспериментальные базовые площадки на солонцовых почвах по картам «Почвы Казахстана» и «Кормовые угодья Казахстана» с использованием космических снимков. На каждом базовом участке (мониторинговые площадки) проведены полевые наземные исследования по показателям физических (почвы) и биологических (растения) индикаторов.

На мониторинговых площадках, при изучении биологических показателей определяли: проективное покрытие растениями – в %; название растительного сообщества (тип пастбищ) – определялся доминирующим видом растительных ассоциаций; видовой состав растений – 1м² в 3-х кратной повторности; ботанический состав растений – в (%) путем наложения метровки (1м²) с 10-ти сантиметровыми ячейками; урожайность пастбищ – в ц/га, 1м² в 5-ти кратной повторности (при естествен-

ной влажности). Химический анализ растений проводился в испытательных лабораториях.

В процессе исследования определены следующие показатели: содержание гумуса до глубины 50 см; состав обменных катионов; гранулометрический состав; солевой режим с определением pH почвы. При описании морфологических свойств почв выделялись генетические почвенные горизонты, для которых определялись цвет, увлажнение, уплотнение, наличие корешков, структура почвы, гранулометрический состав.

Методы дистанционной оценки на основе спутниковой информации среднего и низкого разрешения солонцовых угодий предусматривают несколько этапов работ: сбор картографической информации и формирование базы данных солонцовых почв с указанием типов пастбищ, основных растительных ассоциаций, урожайности и т.д., проведение подспутниковых исследований; изучение спектральных образов почвенно-растительного покрова с помощью многолетних спутниковых данных различного разрешения; выбор информативных периодов наблюдения и спутниковых индексов для оценки солонцовых пятен; тестирование методов прямой оценки солонцовых почв исходя из параметров и индексов, рассчитанных по спутниковым данным высокого и среднего пространственного разрешения (Sentinel 2, Landsat 7/8, MODIS Terra, Aqua) и верификация полученных результатов на основе наземных измерений.

При обработке спутниковых снимков применялись специальные индексы спектральных яркостей, разработанные с учетом того, в какой длине волны видимого и инфракрасного спектров данный класс имеет минимальное и максимальное поглощение [5-12]. Основными спутниковыми индексами, применяемыми для расчета, являются:

NDVI (Нормализованный разностный вегетационный индекс); SAVI (Вегетационный индекс с поправкой на почву); Bare Soil Index (Индекс открытых почв); Salinity Index (Индекс засоленности); Top-Soil Grain Size Index (Индекс песчаных фракций). С учетом вышеперечисленных индексов, выделяются следующие виды поверхности: растительность густая, редкая, умеренная, сбита; почвы (солонцы корковые, мелкие, средние и глубокие).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам полевых исследований определены морфогенетические признаки, состав и свойства солонцовых почв, дана характеристика и кормовая ценность растительного покрова обследованных наземными исследованиями четырех разрезов на мониторинговых площадках, из исследованных 75. Для примера приведены описания разрезов, наиболее характерных вышеперечисленных почвенно-климатических зон исследования: Алматинской, Атырауской, Карагандинской и Туркестанской областей.

Разрез №1 заложен (26.08.2024 г.) к северу в 26 км, от поселка «Досор» в пределах Макатского района Атырауской области. Обследуемая территория характеризуется равнинным рельефом, где угодье используется в качестве пастбищ. Растительный покров представлен биюргуном (*Anabasis salsa*), мятликом луковичным (*Poa bulbosa* L.), мортуком (*Avena fatua* L.), климакоптерой мясистой (*Climacoptera subcrassa*) и ревенем татарским (*Rheum tataricum* Lf.). Аспект ландшафта - светловато-коричневый. Сомкнутость 25-27%. Соли: присутствуют, слабая степень засоления. Глубина=120 см. Горизонты: А 0-7 см, В 8-26 см, С1 27-39 см, С2 40-54 см, Д 55-120 см.

В микропонижениях получили распространение автоморфные мелкие солонцы, для характеристики которых заложен разрез. Координаты разреза: 47°70'07N, 052°87'22E.

Морфологические свойства солонца мелкого

0-7 см	Светло-серый, слоистый, сухой, пылевато-комковатый, бурно вскипает от HCl, слабоуплотнен, среднесуглинистый, пористый, корешки, переход резкий по цвету и плотности.
8-26 см	Темно-бурый, сухой, столбчатый, тяжелый суглинок, мелкие корешки, плотный, слабо вскипает от HCl, переход заметный по структуре.
27-39 см	Бурый, сухой, комковатый, тяжелый, суглинок, плотный, вскипает от HCl, корешки, переход заметный по цвету.
40-54 см	Светлее предыдущего, свежий, средний суглинок, комковатый, слабоуплотнен, вскипает бурно от HCl, пятна и прожилки солей и карбонатов, переход ясный по цвету и плотности.
55-120 см	Светло-коричневый, свежий, слабоуплотнен, бесструктурный, бурно вскипает от HCl, легкосуглинистый.

Из данных морфогенетических признаков профиля солонцов мелких разреза №1 следует, что изучаемая почва на глубине 8-26 см имеет темный солонцовый горизонт В₁, который характеризуется столбчатой структурой, плотным сложением и тяжелым гранулометрическим составом. На глубине 40-54 см выделяются пятна и прожилки солей и карбонатов. Отличительная особенность профиля вышеуказанной почвы – это неблагоприятные водно-физические свойства, к которым относятся: плохая водопроницаемость, набухаемость и липкость при увлажнении, усадка при высыхании и т.д.

Разрез №20. Почва: Такыровидная солонцевато-солончаковая среднесуглинистая погребенная на песке. Координаты разреза: 46,264139°N;

74,324545°E. Н=343 м. Плоская поверхность древней дельты реки Или. С поверхности трещины. Растительность: эфемерово-саксауловая: саксаул (*Haloxylon sol-sp*); клоповник (*Lepidium*); крестовник (*Senecio sol-sp*). Сомкнутость 20-30%. Видимых солей нет. Глубина=110 см. А+В=20 см. Горизонты: А 0-7 см, В₁ 7-20 см, С₁ 20-35 см, С₂ 35-60 см, С₃ 60-75 см, С₄^д 75-дно.

Такыровидные почвы формируются на древнеаллювиальных равнинах крупных рек и часто несут в себе черты древнего гидроморфного режима. В этом профиле на это указывает погребенный гумусовый горизонт 60-75 см, то есть почва прошла процесс опустынивания от пойменной луговой почвы.

Морфологические свойства такыровидной солонцевато-солончаковой почвы

0-7 см	Светло серая, сухая, плотная, крупнопористая, снизу слоеватая корка, среднесуглинистая.
7-20 см	Буровато-светло-серый, свежий, слабо уплотненный, пылевато-непрочно-комковатый с ржавыми пятнами супесь.
20-35 см	Желто-бурый, слабо увлажненный рыхлый с ржавыми пятнами, песок чередуется с супесчаной прослойкой.
35-60 см	Желто-бурый, влажный, песок с ржавыми пятнами.
60-75 см	Слоистый темновато-серый и бурый горизонт с ржавыми пятнами, слоеватый легкосуглинистый.
75-дно	Желто-бурый, увлажненный с ржавыми пятнами, песок.

Изучение химического состава мелкого солонца показало низкий уровень содержания органического вещества. Содержание гумуса в изученных слоях составило 0,56–0,65%, общего азота – 0,056–0,098%. Содержание CO_2 изменялось от 0,77 до 11,1%. Сумма поглощённых оснований варьировала от 7,21 до 41,04 мг-экв/100 г почвы, при этом в составе поглощённых катионов преобладали Ca^{2+} и Mg^{2+} . Почва характеризуется щелочной реакцией, pH водной вытяжки составил 7,45–8,80 (таблица 1, разрез 1).

Химический состав такыровидной солонцевато-солончаковой среднесуглинистой почвы, погребённой на песке, характеризуется низким содержанием гумуса и общего азота. Содержание гумуса в верхних слоях составило 0,19–0,42%, общего азота – 0,014–0,070%. Содержание CO_2 изменялось в пределах 3,22–6,47%. Сумма поглощённых оснований составила 7,68–19,18 мг-экв/100 г почвы, в составе которых преобладали Ca^{2+} и Mg^{2+} . Почва характеризуется сильно-щелочной реакцией, pH водной вытяжки составил 8,61–9,22 (таблица 1, разрез 2).

Таблица 1 - Химические и физико-химические свойства мелкого солонца и такыровидной солонцевато-солончаковой среднесуглинистой почвы, погребённой на песке

№ раз- реза	Глу- бина образ- ца, см	Гу- мус, %	Общий азот, %	CO_2 , %	Поглощенные основания, мг-экв/100 г					pH вод.
					Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	сумма	
1	0-7	0,56	0,056	3,17	1,96	2,94	1,84	0,47	7,21	8,80
	10-20	0,65	0,070	0,77	3,92	6,86	25,43	0,05	36,26	8,35
	25-35	0,63	0,098	2,17	2,45	6,86	25,42	0,05	34,78	8,00
	40-50			3,34	3,43	8,82	17,07	0,05	29,37	7,68
	70-80			11,1	24,99	3,43	12,58	0,04	41,04	7,45
20	0-7	0,42	0,07	3,9	10,89	5,94	0,99	1,36	19,18	8,61
	8-18	0,19	0,028	6,47	2,48	5,94	1,23	0,74	10,39	9,22
	22-32	0,11	0,014	4,39	1,49	4,46	0,88	0,86	7,68	9,1
	42-52			3,22						9,09
	62-72			5,3						8,95
	100-110			3,96						9,01

Анализ гранулометрического состава мелкого солонца (разрез 1) показал неоднородность почвенного профиля: содержание физической глины на глубине 0-50 см составляет 30,56–45,27%, а в слое 70–80 см снижается до 5,28%. В такыровидной солонцевато-

солончаковой среднесуглинистой почве (разрез 20), погребённой на песке, по профилю отмечается постепенное уменьшение содержания физической глины до 0,80–7,26%, при этом преобладают песчаные фракции (таблица 2).

Таблица 2 – Гранулометрический состав мелкого солонца и такыровидной солонцевато-солончаковой среднесуглинистой почвы, погребённой на песке

№ разреза	Глубина, см	Содержание фракции в % на абсолютную сухую почву						
		Размеры фракции в мм						
		Песок		Пыль			Ил	Физическая глина, <0,01
		1,0-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	
1	0-7	1,387	45,537	22,517	3,217	10,454	16,888	30,559
	10-20	0,845	42,283	18,545	5,358	30,084	2,885	38,327
	25-35	0,535	43,498	10,700	5,761	30,453	9,053	45,267
	40-50	14,860	41,049	12,247	5,715	22,045	4,082	31,843
	70-80	0,345	32,595	61,776	2,845	0,406	2,032	5,283
20	0-7	0,98	0,69	37,91	33,53	16,97	1,21	9,70
	8-18	0,82	0,30	26,70	34,28	9,68	21,78	7,26
	22-32	0,54	0,64	72,41	1,61	0,40	23,73	1,21
	42-52	0,30	1,30	73,02	1,61	2,01	21,26	0,80
	62-72	0,44	0,38	74,71	14,87	5,22	2,41	2,41
	100-110	0,46	0,72	92,45	1,61	0,40	1,61	3,22

Таблица 3 – Состав водорастворимых солей мелкого солонца и такыровидной солонцевато-солончаковой среднесуглинистой почвы, погребённой на песке

№ разреза	Глубина, см	Сумма солей, %	Щелочность		Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺
			Общая в HCO ₃ ⁻	От норм. карбонатов в CO ₃ ⁻²						
1	0-7	0,100	0,056	0,005	0,001	0,015	0,002	0,002	0,021	0,003
			0,92	0,16	0,04	0,31	0,09	0,19	0,92	0,07
	10-20	0,402	0,059	0,002	0,129	0,074	0,002	0,001	0,136	0,001
			0,96	0,08	3,65	1,53	0,09	0,09	5,93	0,02
	25-35	0,728	0,044	0,002	0,326	0,091	0,004	0,005	0,258	0,001
			0,72	0,08	9,20	1,89	0,19	0,37	11,24	0,02
	40-50	0,867	0,017	0,000	0,461	0,065	0,02	0,01	0,293	0,001
			0,28	0,00	12,99	1,35	1,02	0,84	12,75	0,02
	70-80	1,688	0,010	0,000	0,403	0,734	0,213	0,051	0,276	0,001
			0,16	0,00	11,37	15,3	10,65	4,17	11,99	0,02
20	0-7	1,657	0,017	0,002	0,574	0,473	0,092	0,024	0,422	0,054
			0,28	0,08	16,19	9,85	4,61	1,96	18,37	1,39
	8-18	0,598	0,034	0,005	0,101	0,259	0,004	0,002	0,187	0,011
			0,56	0,16	2,84	5,39	0,2	0,2	8,11	0,29
	22-32	0,598	0,02	0,002	0,093	0,198	0,008	0,006	0,139	0,005
			0,32	0,08	2,62	4,13	0,39	0,49	6,06	0,12
	42-52	0,598	0,012	-	0,045	0,167	0,01	0,005	0,092	0,003
			0,2	-	1,27	3,49	0,49	0,39	4,01	0,07
	62-72	0,598	0,015	-	0,181	0,397	0,047	0,012	0,234	0,004
			0,24	-	5,09	8,26	2,35	0,98	10,16	0,1
	100-110	0,598	0,015	-	0,117	0,304	0,016	0,011	0,187	0,004
			0,24	-	3,31	6,34	0,78	0,88	8,11	0,11

Исследованные почвы характеризуются различной степенью засоления по профилю. В мелком солонце содержание водорастворимых солей увеличивается от 0,10% в верхнем слое до 1,69% в слое 70–80 см. В такыровидной солонцевато-солончаковой среднесуглинистой почве, погребённой на песке, содержание солей составляет 1,66% в слое 0–7 см и снижается до 0,60% по профилю. В составе водной вытяжки преобладают сульфаты и хлориды, содержание ионов натрия достигает 18,37 мг-экв/100 г почвы (таблица 3).

Разрез №11. Почвенный разрез заложен в Туркестанской области, почва: солонец корковый. Координаты разреза: 45°01' 40,9"N; 68°51' 35,5"E; Н=196 м. Заложен на плоской поверх-

ности под кейреуково-полынной растительностью: (кейреук (*Salsola arbuscula*), полынь (*Artemisia terrae-albae*), терескен (*Krascheninnikovia ceratoides*), мортук (*Avena fatua* L.), тюльпан (*Tulipa schrenkii*). Проектное покрытие – 30-35%. Высота – от 10-15 до 30-40 см. Глубина разреза – 75 см. А+В=28 см. Вскипание – с поверхности. Карбонаты – в солонцовом горизонте. Горизонты: Ак 0-8 см; В₁ 8-18 см; В₂ 18-28 см; С₁^{кск} 28-60 см; С₂ 60-75 см. Взяты образцы: 0-8 см; 8-18 см; 18-28 см; 39-49 см; 65-75 см.

Профиль характеризуется плотной ноздреватой коркой, под которой залегает подкорковый горизонт. Солонцовый горизонт более плотный, более тяжелого гранулометрического состава. Почвообразующая порода засоленна.

Морфологические свойства солонца коркового

0-8 см	Серая прочная ноздреватая корка, почти без корешков, легкосуглинистая.
8-18 см	Серовато-буроватый, сухой, слабоуплотненный с единичными мелкими корешками, непрочно-комковато-пылеватый, легкосуглинистый.
18-28 см	Серовато-бурый, сухой, плотный с единичными корешками, пылевато-комковатый, среднесуглинистый.
28-60 см	Бурый, сухой, очень плотный с многочисленными пятнами карбонатов, единичные корешки, глыбково-ореховатый, глинистый.
60-75 см	Ярко-бурый, сухой, очень плотный, глыбково-мелкоорешковатый, глинистый.

Разрез №21 – заложен в Карагандинской области, Актогайского района, в 500 метрах на юго-восток от трассы Алматы – Караганда. Тип почвы –

солонец средний, рельеф – равнина, аспект ландшафта – серовато-зеленоватый, водный режим – атмосферный. Координаты 46° 53' 784"N, 074° 146' 130"E.

Морфологические свойства солонца среднего

0-14 см	Светло серый, свежий, мелкокомковатый, слабоуплотнен, пронизан корнями, бурно вскипает от HCl, зернисто-суглинистый, переход резкий по плотности.
15-33 см	Темно-коричневый с белесым оттенком, сухой, плотный призматично-столбчатый, тяжелый суглинок, корешки, вскипает бурно от HCl переход заметный.
34-57 см	Коричневый с белесым оттенком, сухой, плотный, комковатый, суглинистый, мало корешков, бурно вскипает от HCl, переход заметный.
58-85 см	Белесово-коричневый, сухой, плотный, бесструктурный, суглинистый, вскипает от HCl бурно, много пятен карбонатов, переход постепенный.
86-130 см	Светло-палевый, свежий, плотный, бесструктурный, бурно вскипает от HCl, щебнистый.

Таблица 4 – Химические и физико-химические свойства коркового и среднего солонца

№ раз- реза	Глу- бина образ-	Гумус, %	Общий азот, %	CO ₂ , %	Поглощенные основания, мг-экв/100 г					pH вод.
					Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	сумма	
11	0-8	0,5	0,056	3,7	3,5	2,25	1,48	0,3	7,5	9,7
	8-18	0,37	0,028	2,2	4,0	2,0	1,56	0,18	7,7	9,5
	18-28	0,33	0,042	0,5	3,5	1,75	0,7	0,02	6,0	9,6
	39-49	-	-	2,8	-	-	-	-	-	9,2
	65-75	-	-	8,8	-	-	-	-	-	8,6
21	0-10	0,44	0,056	2,32	5,97	2,49	0,02	0,23	8,71	9,18
	20-30	0,51	0,042	2,38	4,98	7,46	1,42	0,06	13,92	9,42
	40-50	-	-	3,1	7,96	6,97	21,42	0,06	36,41	8,72
	70-80	-	-	3,98	10,95	17,41	7,84	0,20	36,40	8,38
	120-130	-	-	1,69	12,94	12,44	52,43	0,06	77,87	8,36

Анализ химического состава почвы разреза №11 показал низкое содержание гумуса - 0,33–0,50% и общего азота - 0,028–0,056%. Содержание CO₂ изменяется от 0,5 до 8,8%. Сумма поглощённых оснований составляет 6,0–7,7 мг-экв/100 г почвы, в их составе преобладают кальций и магний. Почва характеризуется сильно щелочной реакцией, pH водной вытяжки составляет 8,6–9,7. Изучение химического состава солонца среднего в Актогайском районе Карагандинской области показало, что

почва отличается низким уровнем плодородия. Об этом свидетельствует содержание гумуса, которое составило в надсолонцовом и солонцовом горизонтах соответственно 0,44 и 0,51%. Отношение почвы к виду средний солонец обусловлено содержанием поглощенного натрия на глубине 40-50 см 21,42 мг/кг, поглощенного магния в поверхностных горизонтах 17,41 и 12,44 мг/кг. Полуметровая толща характеризуется сильно-щелочной реакцией среды (pH 8,72-9,42). (таблица 4).

Таблица 5 – Гранулометрический состав коркового и среднего солонца

№ раз- реза	Глубина, см	Содержание фракции в % на абсолютную сухую почву						
		размеры фракции в мм						физическая глина, <0,01
		песок		пыль			ил	
		1,0- 0,25	0,25- 0,05	0,05- 0,01	0,01- 0,005	0,005- 0,001	<0,001	
11	0-8	17,87	42,68	23,35	4,83	7,65	3,62	16,10
	8-18	21,95	40,15	20,16	4,84	8,06	4,84	17,74
	18-28	17,53	44,45	18,20	3,64	8,49	7,68	19,82
	39-49	12,58	47,47	8,97	1,63	10,19	19,16	30,98
	65-75	5,79	26,62	8,71	6,22	15,76	36,91	58,88
21	0-10	36,409	36,309	16,048	3,210	4,814	3,210	11,234
	20-30	32,036	32,279	10,543	3,650	8,921	12,571	25,142
	40-50	20,709	38,359	15,805	4,458	15,805	4,863	25,127
	70-80	16,756	24,590	46,349	5,332	0,410	6,563	12,305
	120-130	27,879	28,758	30,272	3,273	0,409	9,409	13,091

Как показано в таблице 5, солонец корковый (№11) имеет более тяжелый гранулометрический состав: с глубиной увеличивается содержание ила и физической глины, достигая максимума в нижних горизонтах (до 58,9%). Солонец средний поверхности (0-10 см) имеет супесчаный, а затем 20-50 см среднесуглинистый гранулометрический состав. Содержание физической глины - соответственно 11,23 и 25,13%.

Согласно таблице 6, оба разреза характеризуются наличием засоления с преобладанием сульфатных и хлорид-

ных ионов, а среди катионов - натрия. В разрезе №11 засоление более выражено в нижних горизонтах (до 4,34%), что указывает на солончаковато-солонцеватый характер почв. Определение солевого профиля солонца среднего показало, что воднорастворимые соли в токсичных для растений концентрациях ($>0,1-0,3\%$) встречаются с глубины 20 см. В верхнем гумусовом слое, содержание солей составило 0,065%. По данным химических свойств изучаемые почвы можно охарактеризовать как слабозасоленные (таблица 6).

Таблица 6 – Состав водорастворимых солей коркового и среднего солонца, %/мг-экв.

№ раз- реза	Глу- бина, см	Сумма солей, %	Щелочность		Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺
			общая в HCO ₃ ⁻	от норм. карбонатов в CO ₃ ⁻²						
11	39-49	4,34	0,039	0,002	0,084	0,165	0,005	0,002	0,139	нет
			0,64	0,07	2,37	3,44	0,25	0,16	6,04	нет
	65-75	1,587	0,022	-	6,15	0,840	0,134	0,029	0,343	0,001
			0,36	-		17,51	6,70	2,38	14,91	0,03
21	0-10	0,065	0,48	0,00	0,04	0,41	0,09	0,66	0,12	0,06
			0,029	0,000	0,001	0,02	0,002	0,008	0,003	0,002
	20-30	0,329	0,96	0,16	3,29	0,81	0,09	0,09	4,85	0,02
			0,059	0,005	0,117	0,039	0,002	0,001	0,112	0,001
	40-50	0,221	0,40	0,00	3,32	0,15	1,4	1,22	1,24	0,02
			0,024	0,000	0,118	0,007	0,028	0,015	0,028	0,001
	70-80	0,539	0,36	0,00	8,5	0,65	7,01	1,22	1,25	0,02
			0,022	0,000	0,301	0,031	0,14	0,015	0,029	0,001
	120-130	0,859	0,36	0,00	4,99	8,34	10,66	2,16	0,86	0,02
			0,022	0,000	0,177	0,4	0,213	0,026	0,02	0,001

Результаты проведенных спутниковых и наземных исследований за 2024-2025 годы позволили создать цифровую информационную базу данных солонцовых земель на пастбищах двенадцати административных областей Казахстана.

На базе программного обеспечения ArcGIS, была разработана интерактивная онлайн карта, в которую были интегрированы химический и гранулометрический составы всех 75 почвен-

ных разрезов двенадцати областей Казахстана.

В результате выполненных исследований сформирована геоинформационная система (ГИС) солонцовых земель, которая позволила:

- оценить масштабы распространения и текущее состояние солонцовых пастбищ на территории областей;
- разработать рекомендации по их рациональному использованию, включая, выявление наиболее деградирован-

ных участков, требующих проведения мелиоративных мероприятий или ограничения пастбищной нагрузки;

- осуществить оперативный мониторинг изменений состояния пастбищных угодий на основе новых космических снимков и данных дистанционного зондирования (ДЗЗ).

На основе спутниковых и наземных данных с помощью ГИС-технологий по 12 областям Казахстана построены карты солонцовых земель. На рисунке 1 приведена карта солонцовых земель Западно-Казахстанской области в качестве примера.



Рисунок 1 – Карта солонцовых земель Западно-Казахстанской области

В результате анализа спутниковых и наземных данных создана геоинформационная база данных солонцовых земель Казахстана, охватывающая ключевые пастбищные территории в аридных и полуаридных зонах.

Солонцовые земли широко распространены на территории Казахстана и охватывают значительные площади пастбищ.

Созданная база данных обеспечивает оперативное обновление информации и её применение при агропланировании, рациональном использовании пастбищ и мелиорации.

Общие площади солонцовых земель по областям по данным проведенных исследований и картографирования составили: Алматинская – около 431 тыс. га., область Жетісу – около 363 тыс. га., Жамбылская – около 432 тыс. га., Туркестанская – около 571 тыс. га., Кызылординская – около 832 тыс. га., Атырауская – около 683 тыс. га., Мангистауская – около 995 тыс. га., Акмолинская – около 1,25 млн га., Актю-

бинская – около 2,1 млн га., Западно-Казахстанская – около 1,8 млн га., Карагандинская – около 2,4 млн га., область Улытау – около 1,3 млн га. Общая площадь солонцовых земель в рассмотренных регионах составила 13, 157 млн га.

Созданная ГИС-платформа и сформированная статистическая база данных служат основой для разработки региональных программ по восстановлению и рациональному использованию деградированных земель, а также для организации долгосрочного мониторинга состояния пастбищных угодий Казахстана.

Разработанные базы данных солонцовых земель на пастбищах с применением ГИС-технологий в Казахстане обеспечат эффективное управление и мониторинг земельных ресурсов. Полученные результаты создадут основу для разработки стратегий по восстановлению и улучшению состояния пастбищ, что имеет важное значение для устойчивого развития сельского хозяйства и охраны окружающей среды.

За 2024-2025 годы исследований создана предварительная интерактивная карта солонцовых земель на пастбищах в масштабе 1:500 000, по двенадцати административным областям Казахстана (по 75 мониторинговым

площадкам): Алматинской, Жетісу, Жамбылской, Туркестанской, Кызылординской, Мангистауской, Атырауской, Карагандинской, Улытау, Акмолинской, Актюбинской и Западно-Казахстанской области (рисунок 2).



Рисунок 2 – Геоинформационная интерактивная карта солонцовых земель на пастбищах Казахстана

ВЫВОДЫ

1. Изучено современное состояние солонцов и солонцеватых почв пастбищ Казахстана, охватывающих двенадцать административных областей: Алматинская, Жетісу, Жамбылская, Туркестанская, Кызылординская, Мангистауская, Атырауская, Карагандинская, Улытау, Акмолинская, Актюбинская и Западно-Казахстанская.

2. Составлена база данных пастбищных солонцов и солонцеватых почв областей Казахстана, включающая физико-химические показатели: содержание гумуса, общего азота, карбонатов, ионного состава водной вытяжки, содержания солей, состава и суммы погло-

щенных катионов и гранулометрического состава почв.

3. Создана база данных солонцовых земель на пастбищах с применением ГИС-технологий в Казахстане, которое обеспечит эффективное управление и мониторинг земельных ресурсов на основе разработки стратегий по восстановлению и улучшению состояния пастбищ.

4. Сформирована геоинформационная интерактивная карта солонцовых земель пастбищных угодий с применением ГИС-технологий для двенадцати административных областей республики в М 1:500 000.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

«Данное исследование было профинансировано Министерством сельского хозяйства Республики Казахстан в рамках НТП BR22883585 «Разработка эффективных технологий повышения продуктивного потенциала и рационального использования пастбищ», по мероприятию: «Создание базы данных солонцовых земель на пастбищах с применением ГИС технологий по географическим или климатическим зонам Казахстана».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Токаев К.К. Послание народу Казахстана «Казахстан в эпоху искусственного интеллекта: актуальные задачи и их решения через цифровую трансформацию» // Казахстанская правда. - 2025. - 09 сентября. - № 173 (30551).
2. Сводный аналитический отчет о состоянии и использования земель Республики Казахстан, МСХ РК Комитет по управлению земельными ресурсами, Астана, 2023. - 336 с.
3. Малахов Д. В., Витковская И. С., Батырбаева М. Ж. Методические подходы к изучению опустыненной степи Казахстана: перспективы использования некоммерческих данных ДЗЗ // Вопросы степеведения. - 2021. - № 2. - С. 19-33.
4. Конюшкова М. Цифровое картографирование почв солонцовых комплексов Северного Прикаспия. - Litres, 2018.
5. Compton J. Tucker. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation // Remote Sensing of Environment. - 1979. - Vol. 8. - № 2. - P. 127-150. - DOI: 10.1016/0034-4257(79)90013-0.
6. Mukhamediev R.I., Merembayev T., Kuchin Y., Malakhov D., Zaitseva E., Levashenko V., Popova Y., Symagulov A., Sagatdinova G., Amirgaliyev Y. Soil Salinity Estimation for South Kazakhstan Based on SAR Sentinel-1 and Landsat-8,9 OLI Data with Machine Learning Models // Remote Sensing. - 2023. - Vol. 15. - № 17. - Art. 4269. - DOI: 10.3390/rs15174269.
7. Huete A., Didan K., Miura T., Rodriguez E.P., Gao X., Ferreira L.G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices // Remote Sensing of Environment. - 2002. - Vol. 83. - № 1-2. - P. 195-213. - DOI: 10.1016/S0034-4257(02)00096-2.
8. Jiang Z., Huete A.R., Didan K., Miura T. Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band // Remote Sensing of Environment. - 2008. - Vol. 112. - № 10. - P. 3833-3845. - DOI: 10.1016/j.rse.2008.06.006.
9. Allbed A., Kumar L. Soil salinity mapping using remote sensing and GIS // Advances in Remote Sensing. - 2013. - Vol. 2. - P. 373-385. - DOI: 10.4236/ars.2013.24040.
10. Allbed A., Kumar L., Aldakheel Y.Y. Assessing soil salinity using soil salinity indices derived from Landsat 8 OLI imagery // Remote Sensing. - 2014. - Vol. 6. - № 10. - P. 1137-1157.
11. Lhissoui R., Harti A.E., Chokmani K. Mapping soil salinity in irrigated land using optical remote sensing data // Eurasian Journal of Soil Science. - 2014. - Vol. 3. - № 2. - P. 82-88. - DOI: 10.18393/ejss.84540.
12. Metternicht G.I., Zinck J.A. Remote sensing of soil salinity: potentials and constraints // Remote Sensing of Environment. - 2003. - Vol. 85. - № 1. - P. 1-20. - DOI: 10.1016/S0034-4257(02)00188-8.

REFERENCES

1. Tokaev K.K. Poslanie narodu Kazakhstana «Kazakhstan v epokhu iskusstvennogo intellekta: aktual'nye zadachi i ikh resheniya cherez tsifrovuyu transformatsiyu» // Kazakhstanskaya pravda. - 2025. - 09 sentyabrya. - № 173 (30551).
2. Svodnyj analiticheskij otchet o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' Respubliki Kazakhstan. - Astana: MSKh RK, Komitet po upravleniyu zemel'nymi resursami, 2023. - 336 s.
3. Malakhov D.V., Vitkovskaya I.S., Batyrbaeva M.Zh. Metodicheskie podkhody k izucheniyu opustynennoj stepi Kazakhstana: perspektivy ispol'zovaniya nekommercheskikh dannykh DZZ // Voprosy stepevedeniya. - 2021. - № 2. - S. 19-33.

4. Konyushkova M. Tsifrovoye kartografirovaniye pochv solontsovykh kompleksov Severnogo Prikaspiya. – Litres, 2018.
5. Compton J. Tucker. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation // Remote Sensing of Environment. - 1979. - Vol. 8. - № 2. - P. 127-150. - DOI: 10.1016/0034-4257(79)90013-0.
6. Mukhamediev R.I., Merembayev T., Kuchin Y., Malakhov D., Zaitseva E., Levashenko V., Popova Y., Symagulov A., Sagatdinova G., Amirgaliyev Y. Soil Salinity Estimation for South Kazakhstan Based on SAR Sentinel-1 and Landsat-8,9 OLI Data with Machine Learning Models // Remote Sensing. - 2023. - Vol. 15. - No. 17. - Art. 4269. - DOI: 10.3390/rs15174269.
7. Huete A., Didan K., Miura T., Rodriguez E.P., Gao X., Ferreira L.G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices // Remote Sensing of Environment. - 2002. - Vol. 83. - № 1-2. - P. 195-213. - DOI: 10.1016/S0034-4257(02)00096-2.
8. Jiang Z., Huete A.R., Didan K., Miura T. Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band // Remote Sensing of Environment. - 2008. - Vol. 112. - № 10. - P. 3833-3845. - DOI: 10.1016/j.rse.2008.06.006.
9. Allbed A., Kumar L. Soil salinity mapping using remote sensing and GIS // Advances in Remote Sensing. - 2013. - Vol. 2. - P. 373-385. - DOI: 10.4236/ars.2013.24040.
10. Allbed A., Kumar L., Aldakheel Y.Y. Assessing soil salinity using soil salinity indices derived from Landsat 8 OLI imagery // Remote Sensing. - 2014. - Vol. 6. - № 10. - P. 1137-1157.
11. Lhissoui R., Harti A.E., Chokmani K. Mapping soil salinity in irrigated land using optical remote sensing data // Eurasian Journal of Soil Science. - 2014. - Vol. 3. - № 2. - P. 82-88. - DOI: 10.18393/ejss.84540.
12. Metternicht G.I., Zinck J.A. Remote sensing of soil salinity: potentials and constraints // Remote Sensing of Environment. - 2003. - Vol. 85. - № 1. - P. 1-20. - DOI: 10.1016/S0034-4257(02)00188-8.

ТҮЙІН

С. Калдыбаев¹, К. Ержанова¹, Н. Бекмухамедов³, К. Кушенов⁴, А. Наушабаев¹,
К. Мансурова^{2*}, А. Абай^{1,2}, А. Сахбек⁵
ШӨЛДІ, ТАУ БӨКТЕРІНДЕГІ ЖАРТЫЛАЙ ШӨЛДІ (ТІК), ЖАРТЫЛАЙ ШӨЛДІ (ЕНДІК)
ЖӘНЕ ҚҰРҒАҚ ДАЛА АЙМАҚТАРЫНДА ГАЖ-ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ҚОЛДАНА
ОТЫРЫП, ҚАЗАҚСТАННЫҢ ЖАЙЫЛЫМДАРЫНДАҒЫ СОРТАҢ ЖЕРЛЕРДІ
ЦИФРЛАНДЫРУ

¹Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, 050010, Алматы,
Абай даңғылы, 8, Қазақстан

²Ө.О. Оспанов атындағы Қазақ топырақтану және агрохимия
ғылыми-зерттеу институты, 050060, Алматы, Әл-Фараби даңғылы, 75Б,
Қазақстан, *e-mail: mansurova_kamshat@mail.ru

³Ұлттық ғарыштық зерттеулер мен технологиялар орталығы,
050010, Алматы, Шевченко көшесі, 15, Қазақстан

⁴Қазақ мал шаруашылығы және жемшөп өндірісі ғылыми-зерттеу
институты, 050071, Алматы, Жандосов көшесі, 51, Қазақстан

⁵Орталық Азия экология және қоршаған орта ғылыми-зерттеу орталығы
(Алматы), 050060, Алматы, Әл-Фараби даңғылы, 75Б, Қазақстан

Қазақстанда цифрлық технологиялар негізінде жайылымдардың сортаң жерлерін
басқару мен мониторингтеудің ғылыми-әдістемелік және практикалық тәсілдері қалып-

тасу сатысында және одан әрі дамытуды талап етеді. Авторлар Қазақстанның ауыл шаруашылығы жерлерін цифрландыру және ақпараттық деректер базасын құру үшін жайылымдардағы сортаң жерлерді жерүсті зерттеу деректерін әзірледі және пайдаланды. Республиканың 12 әкімшілік облысының аумағын қамтитын маршруттар бойынша дала жұмыстары арқылы жайылымдардағы сортаң жерлердің қазіргі жағдайы зерттелді. Шөлді, тау бөктеріндегі жартылай шөлді (тік), жартылай шөлді (ендік) және құрғақ дала аймақтарының сортаң жайылымдарының Дерекқоры жасалды, оған мынадай көрсеткіштер кіреді: топырақтың түрі мен кіші түрі, профиль морфологиясы, гумустың және қоректік заттардың, суда еритін тұздардың құрамы, гранулометриялық құрамы, сіңірілген негіздері және катион алмасу сыйымдылығы.

Түйінді сөздер: цифрландыру, ақпараттық база, кебірлер, ГАЖ технологиясы, жайылымдар, интерактивті карта.

SUMMARY

S. Kaldybayev¹, K. Erzhanova¹, N. Bektukhamedov³, K. Kushenov⁴, A. Naushabayev¹,
K. Mansurova², A. Abay^{1,2}, A. Sakhbek⁵

DIGITALIZATION OF SALINE LANDS IN KAZAKHSTAN'S PASTURES USING GIS TECHNOLOGIES IN DESERT, FOOTHILL SEMI-DESERT (VERTICAL), SEMI-DESERT (LATITUDINAL) AND DRY STEPPE ZONES

¹Kazakh National Agrarian Research University,
050010, Almaty, Abaya Ave., 8, Kazakhstan

²Kazakh Research Institute of Soil Science and Agrochemistry named after
U.U. Uspanov, Almaty, al-Farabi ave., 75B, Kazakhstan,
*e-mail: mansurova_kamshat@mail.ru

³National Center for Space Research and Technology, 050010, Almaty,
Shevchenko St., 15, Kazakhstan

⁴Kazakh Research Institute of Livestock and Foraging, 050071, Almaty,
Zhandosova St., 51, Kazakhstan

⁵Central Asia Research Center for Ecology and the Environment (Almaty),
050060, Almaty, Al-Farabi Ave., 75B, Kazakhstan

In Kazakhstan, scientific, methodological and practical approaches to the management and monitoring of salt pasture lands based on digital technologies are at the stage of formation and require further development. The authors have developed and used data from ground-based studies of saline lands on pastures to compile an information database and digitalize agricultural lands in Kazakhstan. The current state of saline lands on pastures has been studied through field work along routes covering the territory of 12 administrative regions of the republic. A database of salt pastures in desert, foothill semi-desert (vertical), semi-desert (latitudinal) and dry-steppe zones has been compiled, including the following indicators: soil type and subtype, profile morphology, humus and nutrient content, water-soluble salts, granulometric composition, absorbed bases and cation exchange capacity.

Keywords: digitalization, information base, salt lakes, GIS technology, pastures, interactive map.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. Калдыбаев Сагынбай - доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры почвоведения, агрохимии и экологии, <https://orcid.org/0000-0003-2821-3684>, e-mail: sagynbay@gmail.com

2. Ержанова Кенже Мамбетсалиевна - кандидат сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрономии, селекции и биотехнологии, <https://orcid.org/0000-0002-5333-0906>, e-mail: kem_707@mail.ru

3. Бекмухамедов Нурлан Эркинович - заведующий отдела лаборатории "Космический мониторинг сельскохозяйственного производства", АО "Национальный центр космических исследований и технологий", кандидат сельскохозяйственных наук, <https://orcid.org/0000-0002-3157-7705>, e-mail: nurlan1964@yandex.ru

4. Кушенов Каныш Иманович - заведующий отдела кормопроизводства и пастбищ, кандидат сельскохозяйственных наук, <https://orcid.org/0000-0001-5298-3334>, e-mail: kushenov.kanysh@mail.ru

5. Наушабаев Асхат Хамитович - PhD доктор, ассоциированный профессор кафедры почвоведения, агрохимии и экологии, <https://orcid.org/0000-0001-8291-265X>, e-mail: askhat.naushabayev@kaznaru.edu.kz

6. Мансурова Камшат Алмабекқызы – инженер-почвовед отдела мелиорации засоленных почв, магистр с-х.н., <https://orcid.org/0009-0004-6124-8197>, e-mail: mansurova_kamshat@mail.ru

7. Абай Аян Күмісбекұлы - PhD докторант 3 курса кафедры почвоведения, агрохимии и экологии, <https://orcid.org/0000-0001-9470-9229>, e-mail: kumisbekuli96@gmail.com

8. Сахбек Әділет Сарқытбекұлы – лаборант научно-исследовательского центра экологии и окружающей среды Центральной Азии (Алматы), e-mail: sakhbek@bk.ru