

Романов А.Н. (1), Бордонский Г.С. (2), Хвостов И.В. (1), Гурулев А.А. (2), Трошкин Д.Н. (1), Пеленева М.П. (1), Казанцев В.А. (2), Козлов А.К. (2), Орлов А.О. (2)

XXII.F.59 МИКРОВОЛНОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ СОЛОНЧАКА В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД

(1) Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, РФ

(2) Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, РФ

E-mail: romanov_alt@mail.ru

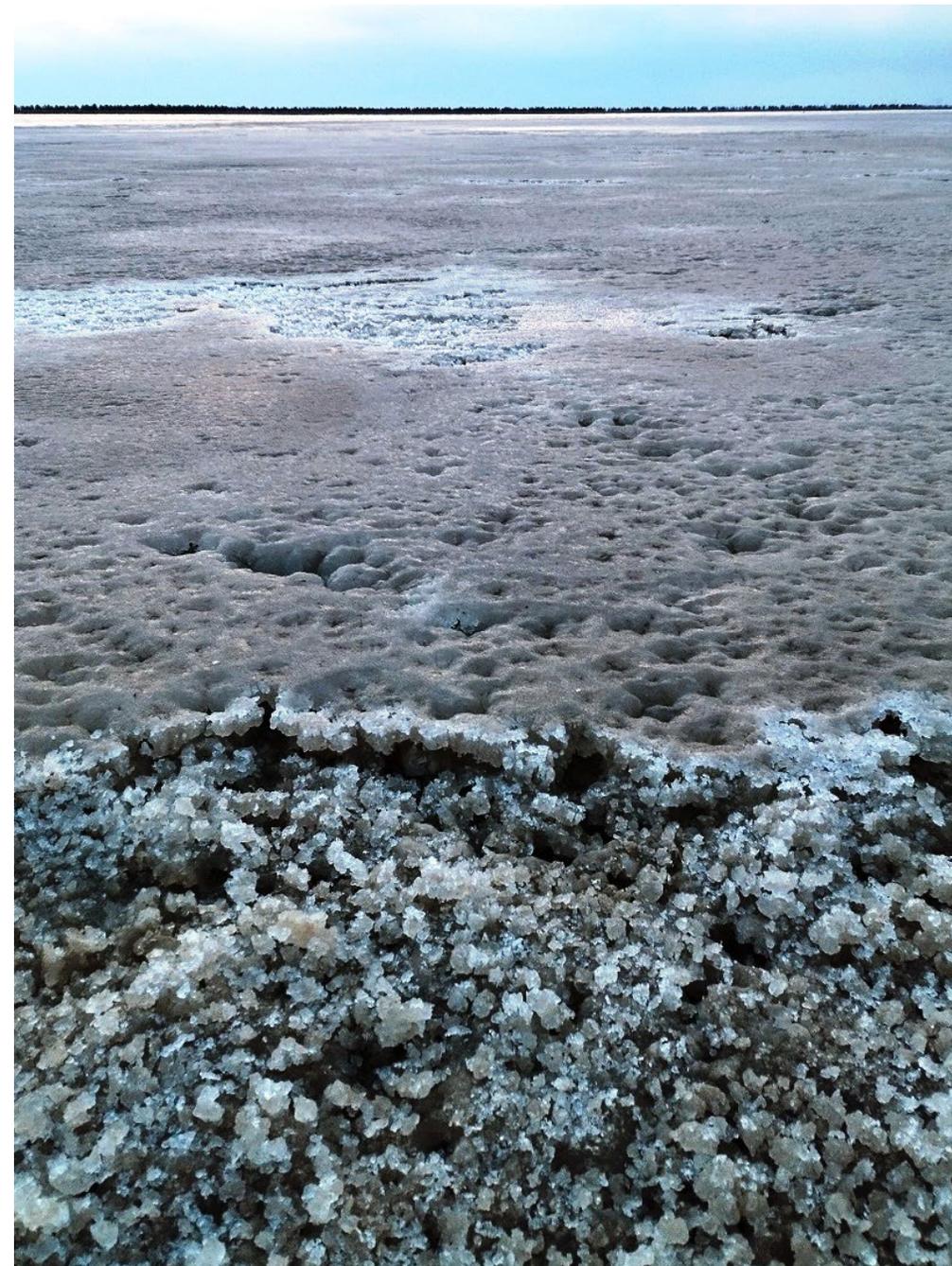
Актуальность

Солончаки, распространённые во многих засушливых регионах мира, представляют потенциальную опасность почвенного засоления прилегающих к ним территорий в результате ветрового переноса токсичных минеральных солей с их осушенной поверхности на значительные расстояния.

Риску деградации в значительной мере подвержены территории, прилегающие к соленым озерам [1], усыхание которых сопровождается отложением солей на осушенном дне и образованием солончаков.

В свою очередь, осушенная поверхность солончака может стать источником значительного количества мелкодисперсных токсичных солей, которые в результате ветрового переноса и пылевых бурь, способны преодолевать по воздуху значительные расстояния и переноситься в соседние регионы [2].

1. M.A. Delavar, A. Naderi, Y. Ghorbani et al., Soil salinity mapping by remote sensing south of Urmia Lake, Iran, Geoderma Regional, Volume 22, 2020, e00317, ISSN 2352-0094, <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2020.e00317>
2. M. Faryadi, Soil security under salt attack: Protection of the soil against the salinization caused by drying up of Lake Urmia, Soil Security, Volume 13, 2023, 100113, ISSN 2667-0062, <https://doi.org/10.1016/j.soisec.2023.100113>



Цель исследований

Действенный мониторинг значительных по площади территорий, в масштабах отдельных регионов возможен только с использованием спутникового зондирования. Активно разрабатываются микроволновые методы, основанные на зависимости радиоизлучательных характеристик засоленных почв от их физических параметров, в первую очередь, влажности, засоленности, типа солей и температуры [3-6].

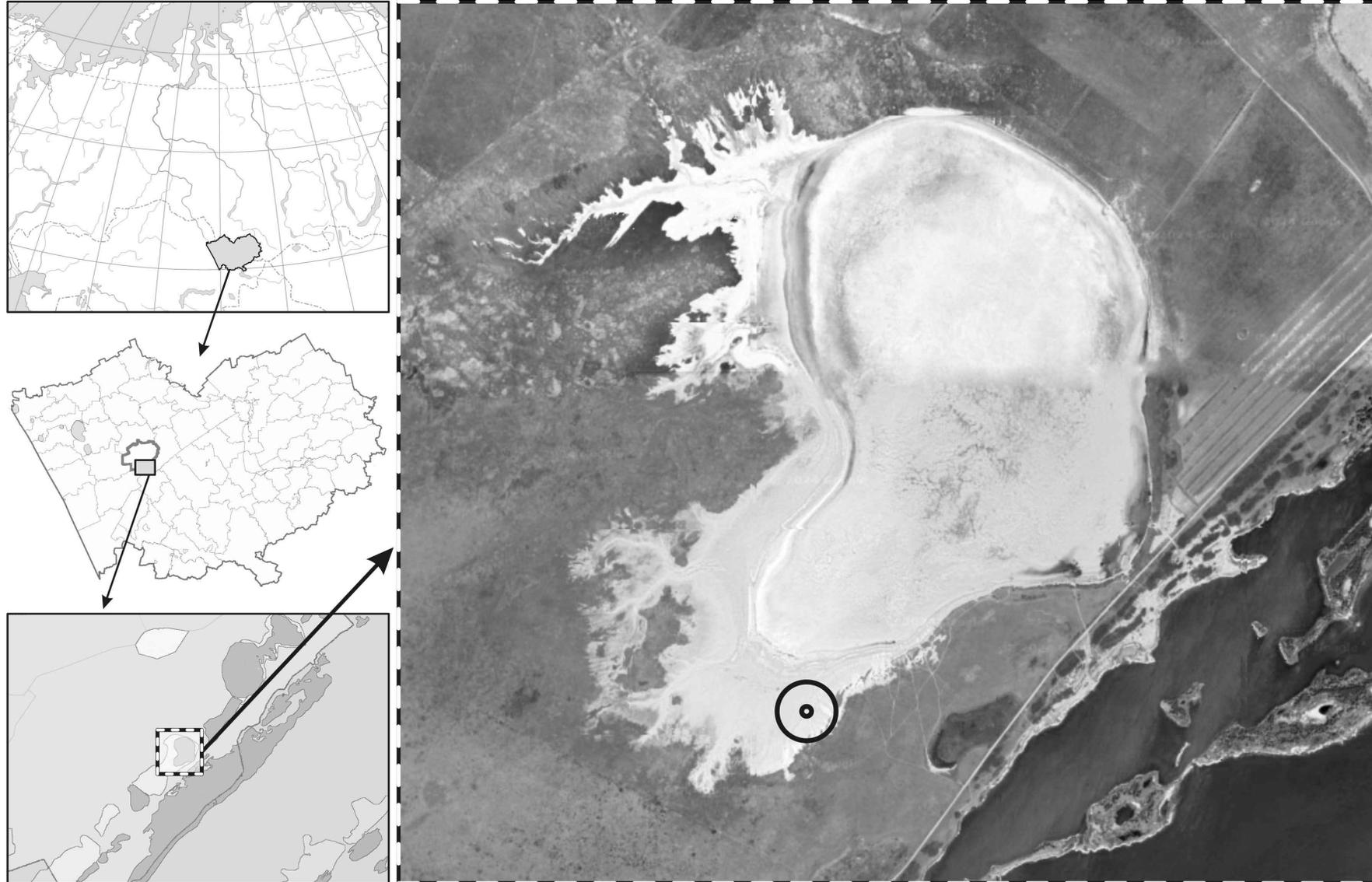
Целью данной работы являлось исследование в летний период суточной динамики микроволнового излучения сорогового солончака, образовавшегося на осушенной поверхности гиперсоленого озера.



3. K. A. McColl, D. Ryu, V. Matic, J. P. Walker, J. Costelloe and C. Rudiger, "Soil Salinity Impacts on L-Band Remote Sensing of Soil Moisture," in IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, vol. 9, no. 2, pp. 262-266, March 2012, doi: 10.1109/LGRS.2011.2165932
4. Romanov A.N., Khvostov I.V. Emissivity peculiarities of the inland salt marshes in the south of Western Siberia /International journal of remote sensing. 2018. T. 39. № 2. С. 418-431.
5. Romanovb A.N. Dielectric behavior of sodic solonchak at 1.41 GHz in the south of Western Siberia //IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 2019. T. 57. № 12. С. 9517-9523
6. Shoba Periasamy, Kokila Priya Ravi, A novel approach to quantify soil salinity by simulating the dielectric loss of SAR in three-dimensional density space, Remote Sensing of Environment, Volume 251, 2020, 112059,

Объект исследований

В качестве основного объекта исследования выбран участок осушенного дна гиперсоленого Мормышанского озера (координаты: $52^{\circ}29'36.49'$ СШ; $81^{\circ}15'28.40'$ ВД) (рис. 1).



Озеро Мормышанское и окрестности



Мормышанский солончак



Методика исследований

Экспедиционное обследование проводили в августе 2023 года в период, когда значительная часть солончака была осушена в результате продолжительной летней засухи и представляла собой гладкую ровную поверхность с высоким уровнем грунтовых вод с пятнами выступившей на поверхность соли, образующей корки толщиной до 2-3 мм.

В течение суток измеряли суточную динамику радиоярких температур ($T_{\text{Я}}$) исследуемого участка площадью 4×4 м. Для приема собственного теплового излучения в микроволновом диапазоне использовали радиометрический приемник с длиной волны 2,3 см с флуктуационной чувствительностью 0,03 К при постоянной времени осреднения 1 с (радиометры разработаны и изготовлены в Институте природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита).

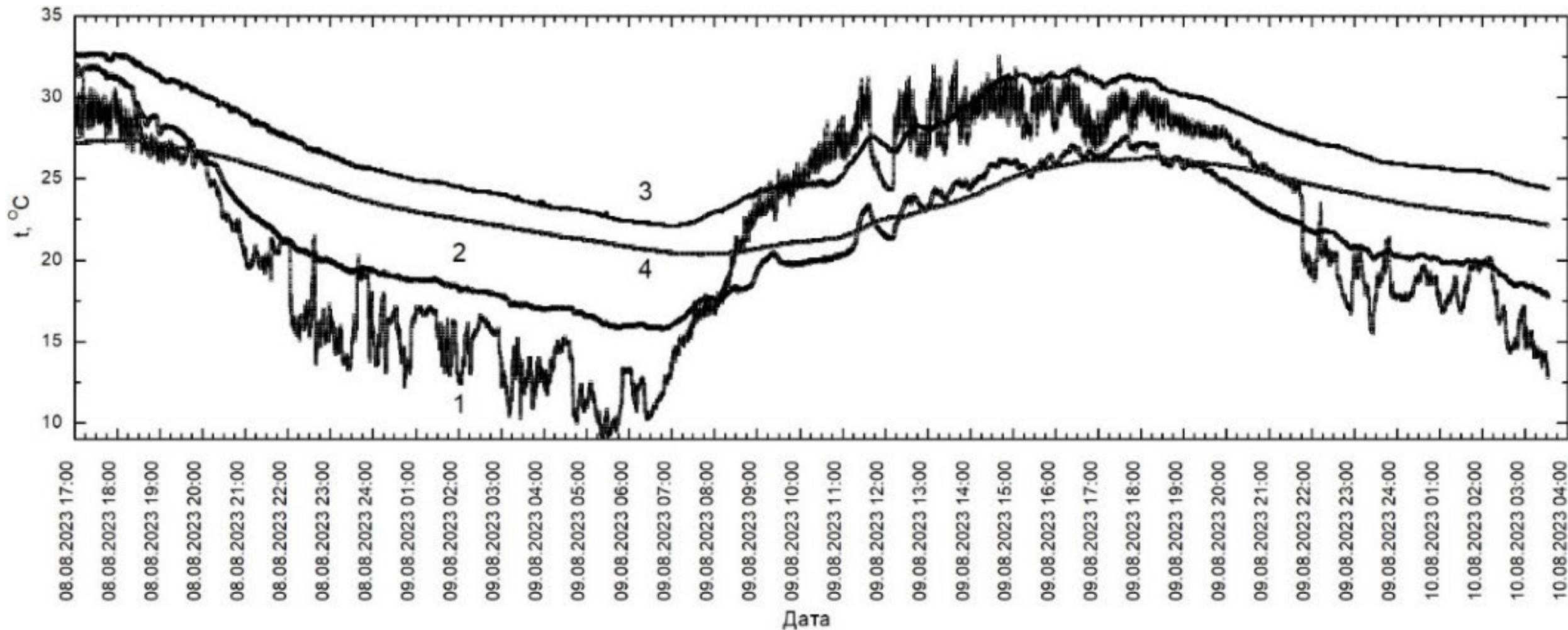
Измерения проводили на вертикальной ($T_{\text{ЯV}}$) и горизонтальной ($T_{\text{ЯH}}$) поляризациях под углом зондирования 42° .

В ходе эксперимента также измеряли термодинамическую температуру на глубине от 0 до 22 см, отбирали образцы в слоях 0-0,2 см (соляная корка), 0,2-2 и 0-5 см (засоленный грунт). В лабораторных условиях определяли объемную влажность (W), гранулометрический состав, засоленность (Z) грунта, минерализацию грунтовой воды.



Результаты эксперимента

Суточные вариации температуры воздуха (1) и грунта на глубине 0 (2), 5 (3) и 10 (4) см.



Гранулометрический состав (ГОСТ 12536-2014)

Глубина отбора, см	Размер почвенных частиц, мм						
	1-0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	0.01-0.005	0.005-0.001	<0.001	< 0.01
0.2-2	23.20	68.04	3.28	1.20	1.92	2.36	5.48
2-10	19.95	52.01	12.60	2.64	3.60	9.20	15.44

От поверхности солончака до глубины 25 см выделялись следующие слои, различающиеся по гранулометрическому составу и содержанию солей:

- 1 – соляная корка (0 – 0,2±0,1 см);
- 2 – слой рыхлого песок (0,2 – 2 см);
- 3 – супесь (2–10 см),
- 4 – ил (10-25 см).
5. >25 см – сильно минерализованные грунтовые воды

Химический состав грунта, г/кг

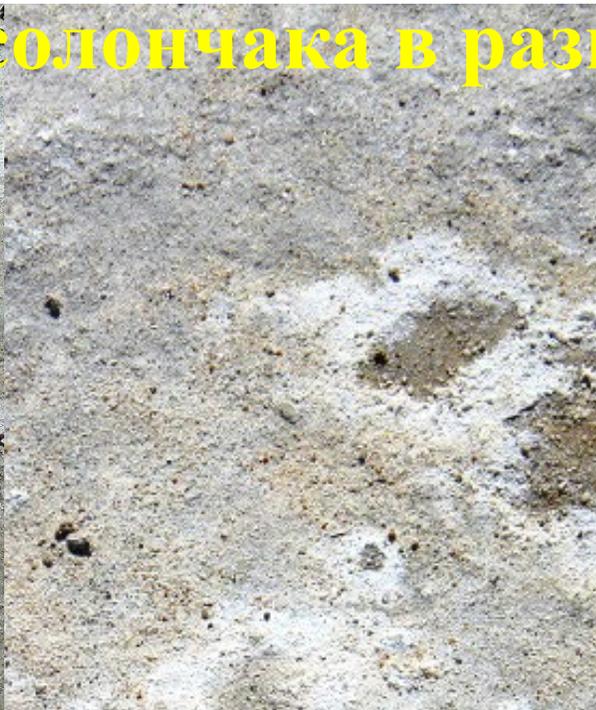
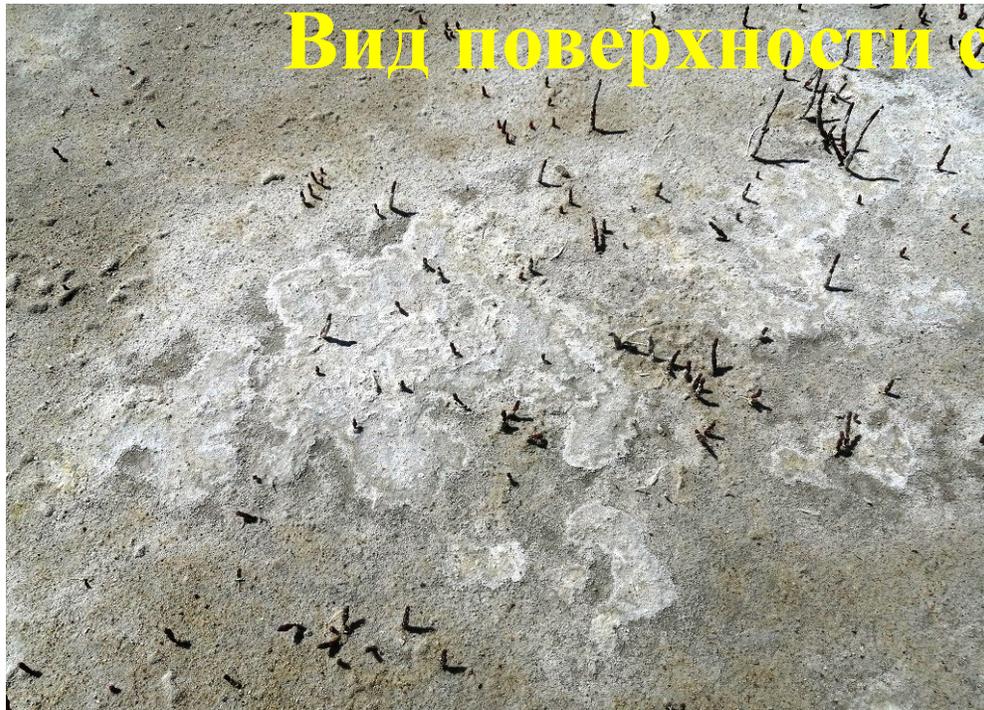
Глубина отбора, см	Сумма солей, г/кг
0-0,2	842.4
0,2-2	23.45
2-5	24.01
5-10	135.7

Присутствующие соли

CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+

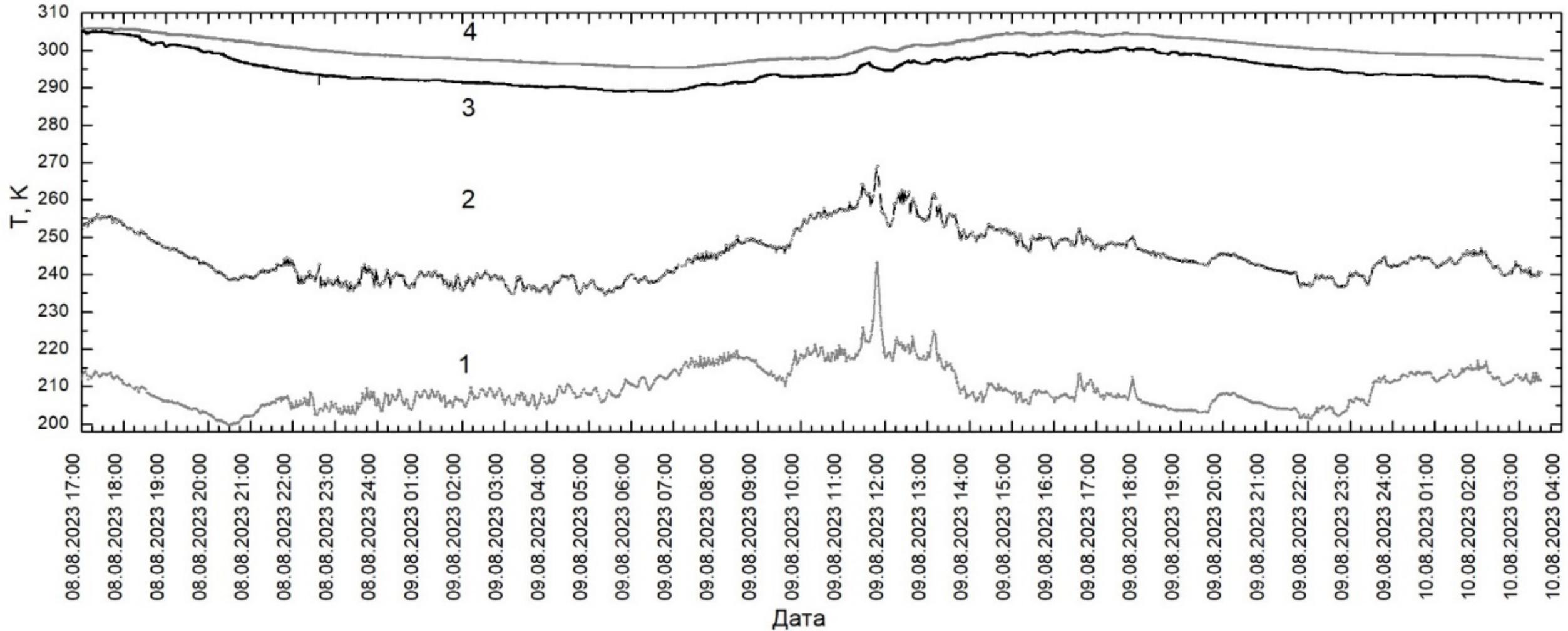


Вид поверхности солончака в разное время суток

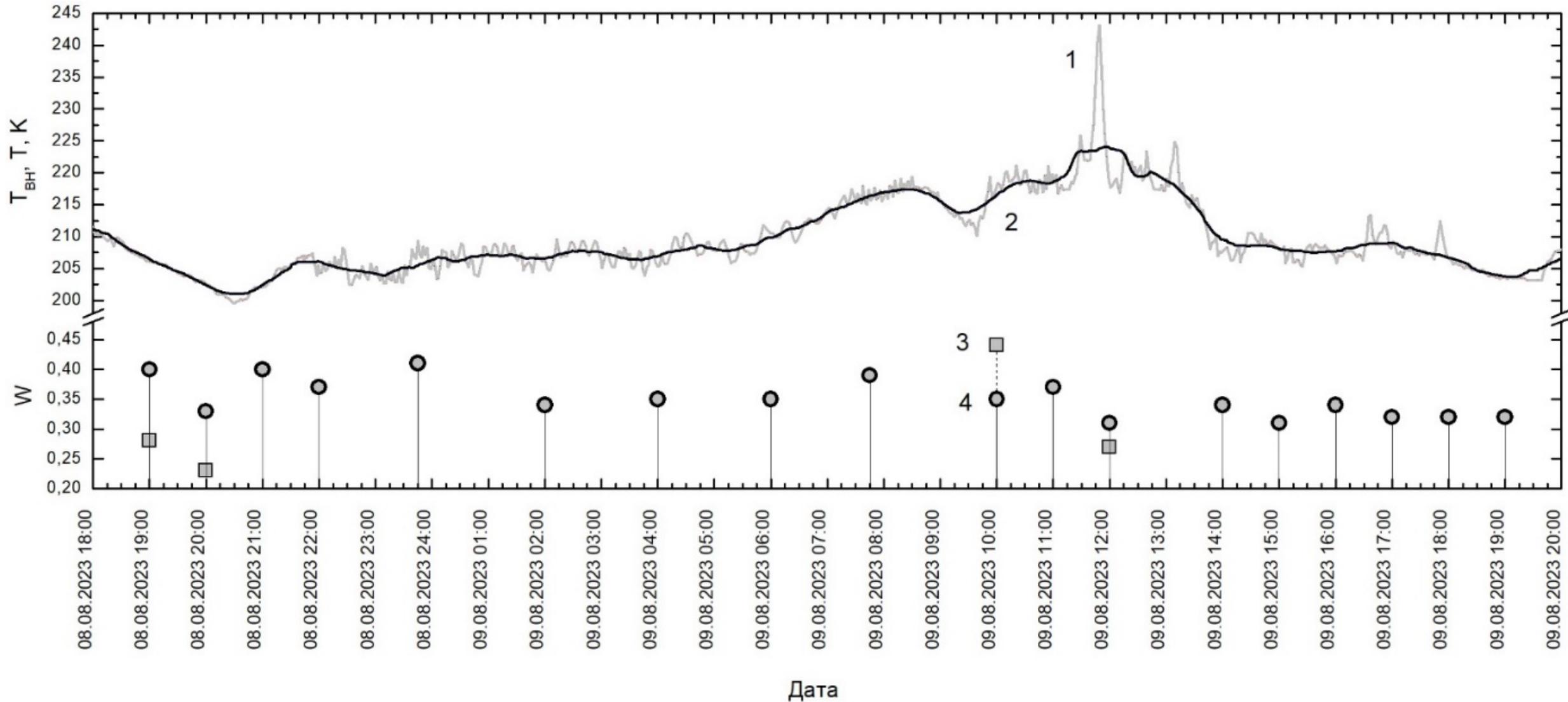


Суточная динамика радиоярких температур на горизонтальной (1) и вертикальной (2) поляризациях на длине волны 2,3 см.

Суточная динамика термодинамических температур на поверхности (3) и глубине 5 см (4)



Динамика $T_{\text{ян}}$ с осреднением 2 минуты (1) и 1 час (2) на длине волны 2,3 см
Объемная влажность на поверхности (3) и глубине 5 см (4).

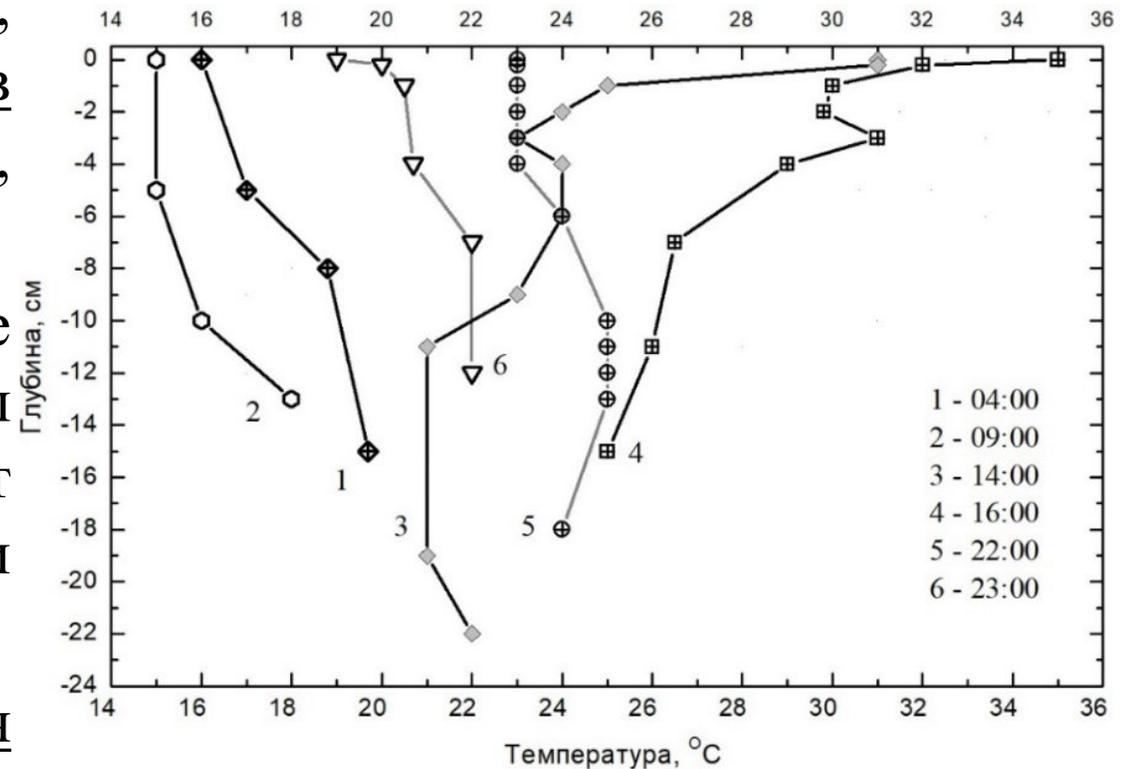


Из анализа экспериментальных данных следует, что суточная динамика яркостной температуры солончака в сантиметровом диапазоне в летний период зависит от совокупного изменения температуры, влажности и засоленности грунта, влияющих на то, в каком виде соль находится в почве (насыщенный, ненасыщенный раствор, кристаллогидрат, соль, выпавшая в осадок).

Вариации радиояркостных температур в ночное время связаны с уменьшением температуры солончака, в результате чего происходит уменьшение растворимости минеральных солей и выпадение части солей из раствора в осадок.

Это ведет к изменению толщины скин-слоя засоленной почвы, изменению диэлектрических характеристик грунта и возникновению интерференции микроволнового излучения.

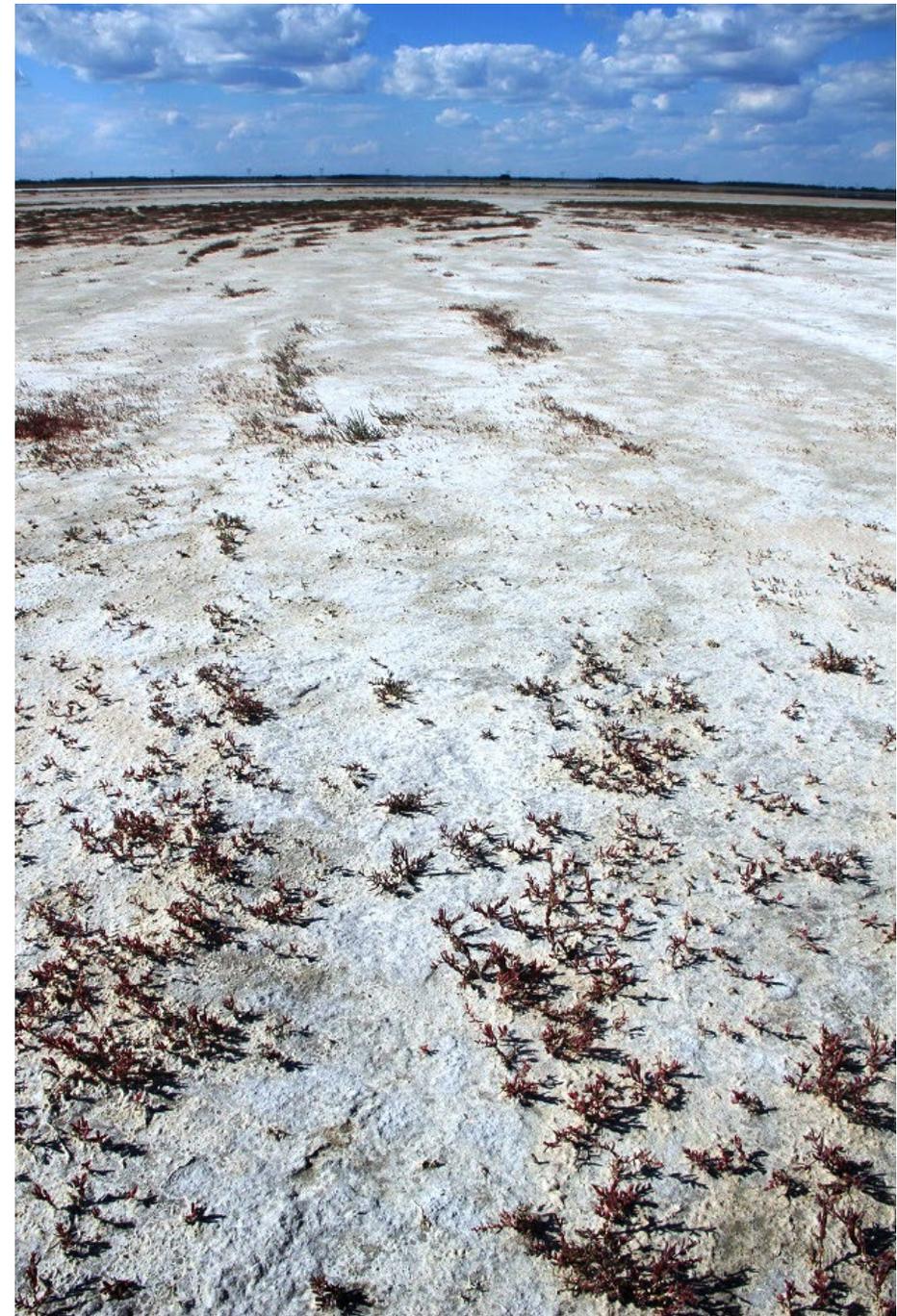
Химический состав грунта, мг/кг
Присутствующие соли
 CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+



Температура почвы на разной глубине и в разное время суток.

В дневные часы, при повышении температуры, интенсивном испарении с поверхности солончака и высыхании поверхностного слоя так же возможно возникновение слоистой структуры, образование которой связано с другим механизмом, заключающимся в том, что при высокой температуре почвы испарение почвенной влаги из поверхностного слоя не компенсируется подтягиванием влаги из нижележащих горизонтов, что ведет к разрыву капиллярной каймы и выпадению солей в осадок.

Выявленные особенности микроволнового излучения солончаков в летний период могут затруднить дистанционный микроволновый мониторинг солончаков и засоленных почв из-за возникновения интерференции микроволнового излучения на слоистой структуре солончака с изменяющимися в течение суток диэлектрическими характеристиками слоев.



Исследование выполнено полностью при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда № 22-17-20041 (<https://rscf.ru/project/22-17-20041>)

(договор НИР № 412-1506-1401 от 21 июня 2023 г. между ИВЭП СО РАН и ИПРЭК СО РАН «Измерения суточной динамики микроволнового излучения тестовых участков в западных районах Алтайского края, подверженных засухе»).

Благодарим за внимание



Благодарим за внимание