

Ахмеденов К.М.,
Петрищев В.П., Көшім А.Ф.

**Индер – ландшафтная
геосистема солянокупольного
происхождения**

В статье рассматриваются слабоизученные ландшафты солянокупольного происхождения в западной части Прикаспийской впадины – Индерский купол, купола Аралсор, Биш-Чохо и Малое Богдо (Үрпек). Геоморфологические исследования подтвердили идентичность морфоскульптурных карстовых образований на солянокупольных структурах в сходных зонально-климатических условиях. Анализ полученных результатов показывает, что наряду с высокоминерализованными и высокодебитными выходами подземных вод важное ландшафтообразующее значение имеют родники, связанные с сульфатно-галогенной толщей кепрока.

Ключевые слова: Прикаспийская впадина, ландшафт, геосистема, карстовые образования, солянокупольная тектоника.

Ahmedenov K.M.,
Petrishchev V.P., Koshim A.G.

**Inder – salt dome landscape
geosystem origin**

The article considers poorly studied landscapes salt dome origin in the western part of the Caspian Basin – Inder cupola dome Aralsor, Bish-Choho and Small Bogd (Urpek). Geomorphological studies have confirmed the identity of morphosculptural karst formations in the salt-dome structures in similar zonal-climatic conditions. Analysis of the results shows that along with the high-output and output with highly groundwater importance of landscape significance springs associated with sulfate-halogen keproka thickness.

Key words: Caspian basin, landscape, geosystem, karst formations, salt-dome tectonic.

Ахмеденов К.М.,
Петрищев В.П., Кошим А.Г.

**Индер – тұзды-күмбезді
ландшафтық геожүйе**

Мақалада Каспий ойпатының батыс бөлігіндегі аз зерттелген – Индер, Аралсор, Биш-Чохо және Кіші Богдо (Үрпек) тұзды-күмбезді ландшафттар сипатталады. Жүргізілген геоморфологиялық зерттеулер тұзды-күмбезді құрлымдардағы морфомүйсінді карсты түзілімдердің бірдей климаттық зонадағы сәйкестілігін дәлелдеді. Алынған нәтижелердің талдауы жоғары минералданған және жоғары дебитті жер асты суымен қатар, сульфатты-галогенді жыныстармен бірге байланысты су бұлақтары да негізгі ландшафтты түзуші маңызды рөл атқарады.

Түйін сөздер: Каспий ойпаты, ландшафт, геожүйе, карст түзілімдері, тұзды-күмбезді тектоника.

ИНДЕР – ЛАНДШАФТНАЯ ГЕОСИСТЕМА СОЛЯНОКУПОЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Введение

Закономерности формирования ландшафтов под воздействием длительно текущих тектонических процессов относятся к числу наименее исследованных проблем физической географии и ландшафтоведения. Соляная тектоника является одним из вариантов псевдотектогенеза и обладает важной особенностью – прорывая надсолевые породы, соляные купола трансформируют ландшафтные комплексы, активизируя разноуровневые взаимодействия за счет включения в процесс ландшафтогенеза в первую очередь соляного ядра [1, 2]. В результате изменения компонентов ландшафта происходит преобразование их свойств, некоторые из которых приобретают черты уникальности [3], связанные с водоносными комплексами солянокупольных структур, и трансформации почвенного покрова в результате процесса рассоления и карстообразования.

Уникальные свойства родников и геохимические особенности почв солянокупольных геосистем являются основой для научного обоснования организации охраняемых природных территорий [4].

Район исследования

Прикаспийская низменность относится к числу крупнейших регионов мира, где воздействие соляной тектоники на ландшафтную структуру проявляется наиболее ярко [5]. Наиболее крупными геосистемами данной категории являются ландшафты соляных куполов-гигантов Прикаспийской равнины – Богдинско-Баскунчакский, Индерский, Эльтонский, Шалкарский и Аралсорский районы солянокупольных ландшафтов [6, 7] (рис.1).

Развитая в Западном Казахстане солянокупольная тектоника вызывала подъем солей на обширных территориях, обусловивший формирование больших площадей солонцов. Завершающие же рост куполов провалы их вершин привели к образованию ряда крупных солончаков – Баскунчак, Эльтон, Аралсор, Индер, Большой и Малый Сакрыл, Едильсор, Итмурунсор и, реже солоноватых озер – Рыбный Сакрыл, Шалкар

(провал купола последнего произошел в Миндель-Рисском межледниковье). Установлено соответствие между границей вложенными компенсационными мульдами куполов-гигантов (Баскунчак, Эльтон, Индер, Шалкар) и рядом климатических, почвенно-растительных и геохимических рубежей.

Исходные данные и методы исследования

Методической основой исследований стал анализ почвенно-геохимических особенностей элементов солянокупольного ландшафта, примененный на куполе Биш-Чохо и Арал-Сорском поднятии. Исследование Малобогдинского поднятия носило преимущественно рекогносцировочный характер, связанный с описанием особенностей проявления локальной морфоструктуры купола. Экспедиционные исследования береговой линии озера Индер были связаны с поиском гидрогеохимических аномалий – родниковых выходов рассолов, дренирующих надсолевые отложения.

При проведении исследований использовались возможности навигационно-картографического оборудования и программных средств. Для получения координатных данных использовался навигатор Garmin ETrex Vista, высотные отметки которого сопоставлялись и корректировались с данными радарной съемки SRTM. При обследовании родников и описании почвенных разрезов использовались классические подходы гидрогеологических и почвенных исследований. Для химического анализа проб родников и почвенных горизонтов использовались скорректированные данные двух сертифицированных лабораторий – НПП «Гипрозем» (Комплекс анализов по водной вытяжке выполнялся по ГОСТ от 26423-85 по 26428-85) и Западно-Казахстанского аграрно-технического университета – Испытательный центр лаборатории по стандарту ИСО МЭК 17025. (Аттестат аккредитации № KZ.И.09.0147 от 9 ноября 2011 г.). Для анализа миграции NaCl в пределах ландшафтных комплексов отбирались пробы поверхностных вод и водная вытяжка из почв. Расчеты химического состава поверхностных вод и почв производились по методике индуктивного вычисления гипотетических солей. Отбор проб воды проводился с учетом требований «ГОСТ Р 51592-2000 Вода. Общие требования к отбору проб». Химико-аналитические работы проводились в аккредитованном испытательном центре Научно-исследовательского института

биотехнологии и природопользования Западно-Казахстанского аграрно-технического университета имени Жангир хана. Измерение pH проводили на цифровых иономерх И-160М и Seven Easy pH Metler Toledo, согласно ГОСТ 26449.1-85; содержание сухого остатка определяли весовым методом; содержание тяжелых металлов определяли по соответствующим методикам выполнения измерений на атомно-абсорбционном спектрометре с пламенной атомизацией Varian AA-140, жесткость и катионно-анионный состав определяли по ГОСТ 26449.1-85. Определения азота аммонийного, нитритов, нитратов проводились спектрофотометрическим методом на приборе Varian, Cary-50.

Результаты и обсуждения

К одним из крупнейших солянокупольных ландшафтов Прикаспийской низменности относится Индерский солянокупольный район (рис.1). Формирование Индерского солянокупольного района связано с двумя крупными соляными куполами – Индер и Жаман-Индер, между которыми располагается одна из крупнейших в Прикаспийской впадине Индерская компенсационная (вдавленная) мульда, величина прогибания которой составляет не менее 500 м при скорости около 1 мм в год. В физико-географическом отношении Индерский солянокупольный район выделен как обособленный ландшафтный округ в составе Урало-Эмбенской плоскоровинной пустынной провинции [8].

Подобно пяти крупнейшим солянокупольным ландшафтам Прикаспийской впадины Индерский солянокупольный район представляет собой парадинамическое сопряжение, состоящее из сильно закарстованных Индерских гор, соответствующих крупному диапировому поднятию, и крупного эллипсоидного по форме Индерского озера площадью 115 км² и урезом воды -23 м ниже уровня моря. Питание озера происходит в основном за счет талых и дождевых вод, родников и грунтовых вод, поступающих со стороны Индерских гор. Озеро вытянуто с северо-востока на юго-запад. Северные и западные его берега круты и обрывисты, достигают высоты более 20 м, изрезаны короткими щелеобразными и корытообразными логами и оврагами. У северного берега озера в оврагах встречаются родники с минеральными водами, общее число которых достигает 80, из них Аще-Булак – на северо-восточном берегу озера – используется в бальнеологических целях. Средний годовой дебит источ-

ников составляет 78,2 л/с, варьируя в широких пределах (33-144 л/сек). Северные берега сложены гипсами, перекрытыми четвертичными отложениями. С северо-запада в озеро впадают два ручья Белая Ростошь и Аксай, которые вскрывают юрские и меловые отложения. Восточный и южный берега пологие, прорезаны широкими балками. Карстовое поле Индерских гор является крупнейшим в Прикаспийской низменности. Общее число карстовых форм достигает 5000. Плотность поверхностных карстовых форм достигает 200-300 проявлений на кв.км. Общая величина снижения поверхности под действием карстовых процессов составляет 1,87 мм/год. Среди карстовых воронок выде-

ляются четыре вида – блюдцеобразные, конусообразные, понорообразные и колодцеобразные. Блюдцеобразные воронки, распространенные повсеместно, но наиболее часто по периферии Индерских гор, достигают в диаметре 10-15 м и глубины 2-3 м. Конусообразные воронки имеют в глубину до 20 м и 30-40 м в поперечнике. Понорообразные воронки имеют конусовидную форму с узкой щелью (понором) в днище, служащем в качестве дренирующего канала. Своеобразны карстовые колодцы – при небольших размерах (до 5 м в диаметре) их глубина достигает 15 м. Отдельные карстовые западины и воронки имеют к югу и юго-востоку от озера Индер.



Рисунок 1 – Вид на озеро Индер с северо-восточного берега

Морфологическая структура Индерского солянокупольного ландшафта дополняется двухъярусной озерной террасой, протянувшейся вдоль южного и юго-западного побережья озера. Фрагментарно терраса проявляется и вдоль северного и восточного берегов. Нижний ярус террасы располагается на высоте 1-1,5 м над урезом воды в Индере, верхний – 7-8 м. Очевидно, что обрывистость берегов озера Индер так же как и на других озерных впадинах (Баскунчак, Эльтон, Аралсор), связанных с компенсационными мульдами, имеет тектоническую обусловленность. Поверхность соляного купола Индер непосредственно под северным берегом наклонена

под углом 85⁰, а в пределах Индерских гор – на 15-30⁰.

Индерская денудационная карстовая возвышенность, очевидно, является реликтом древнего пенеплена, который под воздействием соляной тектоники сначала был приподнят и эродирован, а затем подвергся карстово-денудационному препарированию с образованием разнообразных микро- и мезоформ рельефа.

Для солянокупольных геосистем Прикаспийской низменности характерна ярко выраженная геохимическая контрастность между парагенетическими сопряжениями в пределах ландшафтных катен «область рассоления (гип-

совый кепрок) – область аккумуляции (соляные озера, соры)».

В результате российско-казахстанских экспедиций проведены исследования солянокупольных ландшафтов по трем направлениям: 1) изучение химического состава родников Индерского солянокупольного поднятия и сравнение их с родниками других физико-географических провинций Западного Казахстана; 2) изучение почв Индерских гор (группа эрозионно-карстовых гряд к северу от озера Индер), 3) исследование форм геоморфологического проявления солянокупольных структур. Отмечается идентичность в геоморфологическом проявлении солянокупольных процессов в идентичных зонально-климатических условиях [7, 8]. В частности, выявлено формирование характерных для Индерских гор гипсовых гряд («кургантау») также и для возвышенности Биш-Чохо. Очевидно, данный рельеф соответствует частично разрушенному гипсовому кепроку, фрагменты напластования которого выражены подобными морфоскульптурными формами. Несколько иное проявление на поверхности связано с Малобогдинским поднятием (купол Урпек). Здесь гипсовый кепрок представлен одной, но резко возвышающейся над поверхностью грядой (г. Малое Богдо). Краины поднятия также оконтурены слабо выраженными грядами. Центральная часть представляет собой котловину с крупным солончаком. Налицо формирование кольцевой локальной мофроструктуры, характерной для бортовых зон Прикаспийской впадины. В результате экспедиционных иссле-

дований обследованы два родниковых урочища на побережье озера Индер – Тилепбулак и Ащетузбулак, формирование питающих водоносных комплексов которых связано с галогенно-сульфатной толщей Индерской соляной структуры.

Главными источниками солевого питания оз.Индер являются соляные источники, расположенные в его северной части. Среди них выделяются две группы: северо-западная Белая Ростощь с микроключами, источники Тилепбулак и северо-восточная – источники Ащытузбулак, Садыкбулак.

Изучение химического состава минеральных родников Индерского солянокупольного района показало, что, несмотря на простой химический состав (резкое преобладание хлорида натрия) и высокую минерализацию, они не столь однородны (таблица 1). Были выделены две группы родников – 1) родники с высокой минерализацией (более 100 г/л), высоким дебитом (более 1 л/с), выходящие у подножья сорового уступа озера Индер (эталон – родник Тилепбулак) и связанные с соляным зеркалом; 2) родники с значительной минерализацией (10-20 г/л), сравнительно малодебитные (0,1-0,5 л/с), дренирующие толщу кепрока с линзами галита в пределах Индерских гор (эталон – родник Ащетузбулак).

Изучение почв проводилось на основе ранее разработанной ландшафтной катены с целью ее дальнейшего уточнения. Были исследованы почвы одной из непоглощающих карстовых воронок северо-восточной части Индерского карстового поля, приозерной террасы и поймы озера Индер у северо-западного берега.

Таблица 1 – Химический состав воды в роднике Тилепбулак

Единицы измерения	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
мг/л	64000	4135	287	41658,8	307,2	1200
мг-экв./л	1805,4	86,09	4,7	1812,04	25,27	59,88
мг-экв. %	95	5	0	96	1	3

Анализ катионно-анионного состава почв педокатены карстового поля показал, что: 1) карстовые воронки играют дренирующую роль для почв Индерской эрозионно-карстовой возвышенности, основу которых (более 2/3 площади) составляют различные солонцы с преобладанием глубоких и средних; 2) на Индерской возвышенности широко распространены (1/3 площади возвышеннос-

ти) различные варианты смытых и неполноразвитых почв; 3) процессы солянокупольного подъема повлияли на рассоление почв, что прослеживается как на наличии глубоких солонцовых горизонтов (глубина 50-60 см) на приозерных террасах; 4) на основе анализа почв можно предположить солянокупольное происхождение высоких соровых уступов (до 20 м высотой) вокруг озера Индер [3].

Выводы

На основе полученных результатов, необходимо отметить, что соотношение между тектогенными и климатогенными факторами формирования ландшафтов солянокупольного происхождения не всегда связано исключительно с глубиной залегания соляного ядра и длительностью образования надсолевого кепрока. Важное значение имеют региональные особенности ландшафтогенеза – взаимодействие солянокупольного ландшафта с окружающими геосистемами, что еще пока недостаточно изучено. Изучение гидрологических аномалий и почвенного разнообразия Индерского солянокупольного ландшафта свидетельствует об особом происхождении и значительных отличиях его по

сравнению с ландшафтами Прикаспийской низменности. Вовлечение соляного ядра в сферу действия ландшафтообразующих факторов приводит к усложнению межкомпонентных взаимодействий и структуры ландшафта, индикаторами чего являются изученные природные объекты.

Исследования выполнены при поддержке гранта Министерства образования и науки Республики Казахстан № 4036/ГФ4 «Анализ социально-экономической значимости ландшафтов солянокупольного происхождения для Республики Казахстан» и РФФИ № 14-05-20020 «Мировое разнообразие ландшафтов солянокупольного происхождения: особенности формирования, проблемы охраны и рационального использования».

Литература

- 1 Петрищев В.П. Ландшафты соляных куполов. – Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. – 516 с.
- 2 Петрищев В.П. Солянокупольный ландшафтогенез: особенности морфоструктурной организации геосистем и их техногенная трансформация. – Екатеринбург: УрО РАН, 2011. – 310 с.
- 3 Цапина Н.Л. Оптимизация особо охраняемых природных территорий в окрестностях озера Баскунчак. // Проблемы региональной экологии. – М., 2010. – № 1. – С. 118-123.
- 4 Аристархова Л.Б., Медведева Н.К. Опыт выявления особенностей тектоники погребенных солянокупольных поднятий на территории Прикаспийской низменности. // В сб.: Геоморфологические исследования. – М., изд-во МГУ, 1965. – С. 261-274.
- 5 Warren J. Evaporites: Sediments, Resources and Hydrocarbons. – Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2006. – 1036 p.
- 6 Bruthans J., Zeman O. Factors controlling exokarst morphology and sediment transport through caves: comparison of carbonate and salt karst // Ljubljana: Acta Carsologica, 2003. – P. 83-89.
- 7 Ахмеденов К.М., Петрищев В.П., Искалиев Д.Ж. Карст и псевдокарст в Западном Казахстане // Труды университета. – Караганда, 2013. – № 1. – С. 50-54.
- 8 Головачев И.В. Карст и пещеры Северного Прикаспия. – Астрахань: Астраханский университет, 2010. – 215 с.

References

- 1 Petrishhev V.P. Landshafti solyanih kupolov. – Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. – 516 p.
- 2 Petrishhev V.P. Solyanokupolni landshaftogenez: osobennosti morfostrukturnoi oppanisansii geosistev i ih tehnogennayz trasformansiya. – Ekaterinburg: UrO RAN, 2011. – 310 p.
- 3 Tsapina N.L. Optimizatsiya osobo ohranyaemih prirodnih teritopii v okretnosnyah osero Baskunchak. // Problemiregionalnoi ecologii. – M., 2010. – № 1. – P. 118-123.
- 4 Aristarkhova L.B., Medvedev N. Opit viyavleniya osobennostei tektoniki pogrebennih solyanokupolnih podnyati na territorii Prikaspiskoi nismennosti // v sb.: geomorphologicheskies issledovaniya, – MSU, 1965. – P. 261-274.
- 5 Warren J. Evaporites: Sediments, Resources and Hydrocarbons // Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2006. – 1036 p.
- 6 Bruthans J., Zeman O. Factors controlling exokarst morphology and sediment transport through caves: comparison of carbonate and salt karst // Ljubljana: Acta Carsologica, 2003. – P. 83-89.
- 7 Ahmedenov K.M., Petrishev V.P., Iskaliev D.Zh. Karst I psevdokarst v Zapadnom Kazakhstane // Trudi universiteta. – Karaganda, 2013. – № 1. – P. 50-54.
- 8 Golovachev I.V. Karst I pesheri Severnogo prikaspiya. Astrakhan: Astrahanski universitet, 2010. – 215 p.