Научная статья

Original article

УДК 911.52:556.31:910

doi: 10.55186/2413046X_2023_8_5_202

КЛАСТЕРНАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ РОДНИКОВ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА

CLUSTER DIFFERENTIATION OF SPRINGS IN WESTERN KAZAKHSTAN

Сергеева Ирина Вячеславовна, профессор кафедры «Ботаника и экология», Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, Россия, ivsergeeva@mail.ru

Пономарева Альбина Леонидовна, доцент кафедры «Ботаника и экология», Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, Россия, alb67na@mail.ru

Шевченко Екатерина Николаевна, доцент кафедры «Ботаника и экология», Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, Россия, en-shevchenko@mail.ru

Мохонько Юлия Михайловна, доцент кафедры «Ботаника и экология», Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, Россия, mohonko78@mail.ru

Сергеева Евгения Сергеевна, доцент кафедры «Общая гигиена и экология», Саратовский государственный медицинский университет имени В. И. Разумовского Минздрава России, jenysergeeva@mail.ru

Sergeeva Irina Vyacheslavovna, Professor of the Department «Botany, and Ecology», Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Russia.

Ponomareva Albina Leonidovna, Associate Professor of the Department «Botany and Ecology», Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Russia.

Shevchenko Ekaterina Nikolaevna, Associate Professor of the Department «Botany and Ecology», Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Russia.

Mokhonko Yulia Mikhaylovna, Associate Professor of the Department «Botany and Ecology», Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Russia.

Sergeeva Evgenia Sergeevna, Associate Professor of the Department of General Hygiene and Ecology, Saratov State Medical University named after V. I. Razumovsky of the Ministry of Health of Russia.

Аннотация. В статье представлены результаты кластерного анализа 75 родников Западного Казахстана. Составлены дендрограмма кластеризации родниковых выходов и схема размещения кластеров родниковых выходов подземных вод, выделено 11 кластеров родников. Представлены гидрогеологические особенности родниковых выходов Западного Казахстана. Выявлено, что в границах Западного Казахстана можно выделить три гидрогеологические области: Общесыртовско-Илекская область, в пределах которой важную роль в дифференциации родниковых урочищ играют факторы высотно-генетической ярусности и ландшафтной асимметрии; Прикаспийская область, где выходы родников связаны преимущественно с солянокупольными возвышенностями; Мангышлакская область, где выходы родников приурочены преимущественно к эрозионным ложбинам хребта Мангистау или к абразионным вскрытым водоносным горизонтам на побережье Каспийского моря.

Abstract. The article presents the results of cluster analysis of 75 springs in Western Kazakhstan. A dendrogram of clustering of spring outlets and a layout of clusters of spring outlets of groundwater were compiled, 11 clusters of springs were identified. Hydrogeological features of spring outlets of Western Kazakhstan

are presented. It is revealed that three hydrogeological regions can be distinguished within the borders of Western Kazakhstan: the General Syrtovo-Ilek region, within which factors of altitude-genetic tiering and landscape asymmetry play an important role in the differentiation of spring tracts; The Caspian region, where the outlets of springs are mainly associated with salt-domed elevations; the Mangyshlak region, where the outlets of springs are confined mainly to the erosive hollows of the Mangystau ridge or to the abrasive exposed aquifers on the coast of the Caspian Sea.
Ключевые слова: родники Западного Казахстана, кластерная дифференциация, гидрогеологические особенности родниковых выходов, содержание анионов и катионов в родниковой воде, минерализация родниковых вод

Keywords: springs of Western Kazakhstan, cluster differentiation, hydrogeological features of spring outlets, content of anions and cations in spring water, mineralization of spring waters

Введение

На родниковые воды оказывает влияние сложный комплекс природных факторов, особенно геоморфологических и гидрогеологических, приводящих к возникновению различных родниковых урочищ. Кластеризация позволяет объединить объекты в группы по мере нахождения сходства между их характеристиками, выделить кластерные группировки и построить иерархические уровни. При проведении анализа учитывались разработки ряда авторов (Питьева, 1978; Глазовская, 2002; Сивохип, 2003; Петрищев, 2009, 2010), апробированные и широко известные в гидрогеологии и гидрохимии ландшафтов.

Материалы и методы

Объектами исследований являлись 75 родников Мангистауской, Актюбинской, Атырауской и Западно-Казахстанской областей западного региона Республики Казахстан. Основой для кластерного разбиения явились данные ранее проведенных экспедиционных исследований за период 2012-

2014 гг. (35 родников) (Ахмеденов, 2014, 2015; Ахмеденов, Жантасова, 2012) и результаты собственных исследований за период 2015-2017 гг. (40 родников). Для кластерного анализа использовался метод «полных связей» (Complate Linkage) и программа «Statistica 8». Использование кластерного метода позволило создать компактные кластеры в виде гиперсфер.

Результаты

В результате исследований была составлена дендрограмма родниковых выходов и выделено 11 кластеров родников (рисунок 1). Кластер 1 образован 8 родниками – Ыстык су, Тамшалы, Хамза-баба, Каракозайым, Когез, Оскен, Каракия, Самал. Кластер 2 всключает один родник Сарыомир. В кластер 3 входят 17 родников – Акшат, Ислам булак, Нияз, Айна булак, Шолак булак, Павлово, Молдирбулак, Карауылкелды, Егиндиколь, Саркырама, Булак аулы-2, Тожир, Январцево, Ушаудан, Аман булак, Суык булак, Гремячий.

В кластер 4 входят 26 родников – Таскала-1, Таскала-2, Таскала-3, Таскала-5, Косестек, Саржансай, Жоса, Жоса 2, Родниковка, Асыл су, Катпар, Маржанбулак верхний и нижний, Белый лоб, Дадем агаш, Большая Ичка, Красненькое, Цыганово-1, Цыганово-2, Егендибулак, Цыганово-3, Арыстанова, Соколовка, Аксу, Ардак, Серебряково, Оркаш. Кластер 5 образован 6 родниками – Коныр, Березовка, Дадем ата, Каракамыс, Солянка и Кожевниково-1.

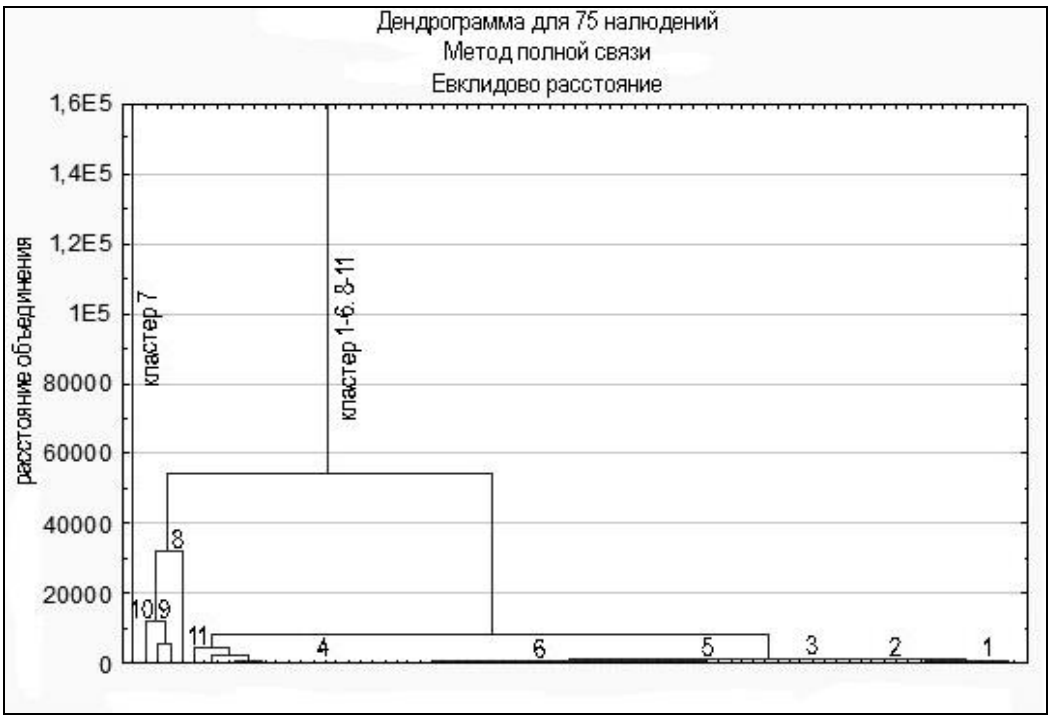

Рисунок 1. Дендрограмма кластеризации родниковых выходов Западного Казахстана методом «полных связей».

Кластер 6 образуют 4 родника – Айбас, Актау и два родника у села Таскала – Крутой-1 и Крутой-2. Кластер 7 включает единственный родник Булак аулы, кластер 8 – Тыздыбулак, кластер 9 – родники Тилепбулак и Ащетуздыбулак, кластер 10 – родник Унере. Кластер 11 представлен 8 родниками Мангышлака – Кара булак, Кокесем, Бекет ата, Баскараган, Сауыр, Кендерли, Султан Упе, Жумабек булак.

По результатам исследований гидрохимического состава вод родников Западного Казахстан были определены средние значения характеристик полученных кластеров (таблица).

Таблица. Средние значения характеристик родниковых кластеров, выделенных по методу «полных связей»

Кластер	Содержание анионов, мг/л			Содержание катионов, мг/л			Минер. мг/л	Дебит л/с	Высота, м	Кол-во род.	Доля, %
	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+					
1	276,8	293,1	337,7	85,5	56,5	300,2	1231	0,2	92,1	8	10,7
2	265	508,9	324,7	476,5	43,2	476,5	966	0	39	1	1,3
3	330,9	76,4	155,3	76,6	28,8	127,8	612,8	0,2	152,6	17	22,7
4	171,6	34,1	95,6	34,8	8,4	41	289,9	1	196,1	26	34,7
5	765,6	112	126,6	3,6	3,4	107,9	591,2	0,2	68,8	6	8
6	270,5	141,5	211,9	112	100	10,2	681,9	0,5	60,8	4	5,3
7	18,4	97996,2	78,4	7118,8	909,8	53668,9	159784,1	0,5	4	1	1,3
8	186,8	34950	38,5	2055	40140	12738,2	53847,5	0,7	-5	1	1,3
9	203,9	20605	90,8	2565	3854,5	3588,8	30656	0,8	-17,5	2	2,7
10	122	11025	1843,1	680	246,6	8178,8	22095	5	-6	1	1,3
11	248,8	1445,4	1367,6	351,2	212,3	1522,7	5091,7	0,1	60,8	8	10,7

Выявлены пять кластеров с наименьшим числом родников. Воды этих родников с крайне высоким содержанием солей: в Подуралье родник Булак аулы (кластер 7); родники Прикаспийской низменности купола Индер: Туздыбулак (кластер 8), родники кластера 9 – Тилепбулак и Ащетузбулак; в южной части Мангышлака – родник Унере (кластер 10); в пределах купола Челкар на Прикаспийской низменности хлоридно-сульфатный натриевый родник Сарыомир (кластер 2).

Кластер 6 образуют 4 родника (Айбас, Актау, Крутой-1, Крутой-2) с относительно невысокой минерализацией, гидрокарбонатно-сульфатного магниево-кальциевого класса, северо-западной окраины Прикаспийской низменности, относящиеся к нижнепалеогеновому водоносному комплексу.

Остальные кластеры включают большое количество родников – 6 (кластер 5), 8 (кластеры 1, 11), 17 (кластер 3) и 26 (кластер 4). Кластер 4 включает многочисленную группу родников Общего Сырта, бассейна р. Утва (Илекское плато) и Актюбинского Предуралья. Для них характерна

достаточно низкая минерализация, относительно высокое содержание сульфатов (32% от суммы анионов) при преобладании гидрокарбонатов и размещение на высоких гипсометрических уровнях (средняя высота расположения до 196 м). Родники кластер 3 с резким доминированием гидрокарбонатов связаны с транзитными ландшафтно-геохимическими ступенями Общего Сырта и Подуральского (Илекского) плато. Родники кластера 1 относятся к нижнему (аккумулятивному) уровню ландшафтно–геохимической катены с равным соотношением гидрокарбонатов, сульфатов и хлоридов (77% от содержания анионов).

В целом, кластеры 4, 3 и 11 соответствуют высотно–генетической ярусности ландшатных комплексов Общего Сырта, Илекского плато и Предуралья. Кластер 11 представлен родниками Мангышлака, которые относятся к сульфатно-гидрокарбонатному натриевому классу соленых вод.

По результатам гидрогеологических исследований составлена схема размещения кластеров родниковых выходов (рисунок 2).

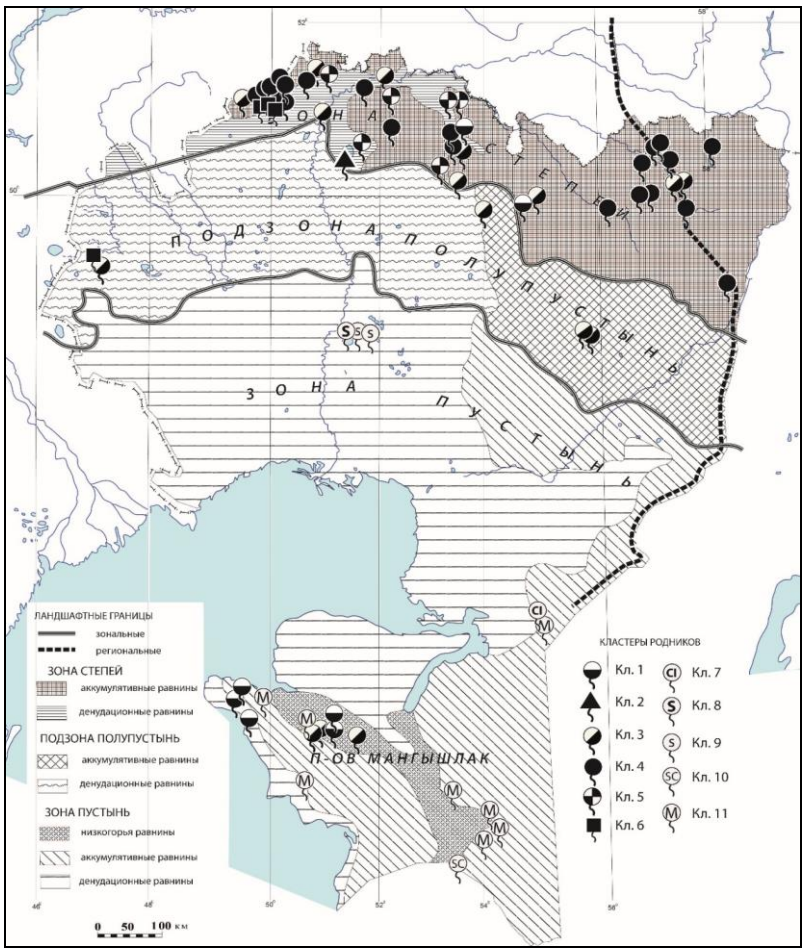

Рисунок 2. Схема размещения кластеров родниковых выходов подземных вод в Западном Казахстане по методу «полных связей».

Обсуждение

На основе кластерного анализа выявлены гидрогеологические особенности родниковых выходов Западного Казахстана:

•родники, относящиеся как к нижним, так и к верхним геохимическим фациям обладают высокой концентрацией гидрокарбонатов, в тоже время для выходов подземных вод в пределах транзитных фаций отмечается их пониженное содержание;

•сульфаты и хлориды закономерно преобладают в родниковых водах аккумулятивной геохимической фации;

•высокое содержание кальция и магния отмечено только для транзитных фаций, концентрация натрия снижается от аккумулятивных фаций к элювиальным;

•минимальных значений минерализация родниковых вод достигает в пределах транзитных фаций, повышаясь к элювиальным (т.е. вверх) и к аккумулятивным (т.е. вниз по гипсометрическому положению);

•высотная ординация родников Западного Казахстана существенно снижается с севера на юг и приводит к обособлению родников Мангышлака;

•практически отсутствует корреляция родниковых выходов с широтно-климатической зональностью. Причиной является почти полное отсутствие родников в пределах Прикаспийской низменности, и небольшие размеры участков Общего Сырта и Илекского плато, где уровень атмосферного увлажнения практически не изменяется;

•в качестве ландшафтно-геохимических аномалий выделяются родники, связанные с активными солянокупольными поднятиями – это Тилепбулак (Индерский солянокупольный район), Тыздыбулак и Ащетузбулак (Индерский солянокупольный район), Сарыомир (Шалкарский солянокупольный район);

•наибольшая часть родниковых выходов располагается на границах ландшафтно-геоморфологических ярусов и связана с переходом от аллювиально–аккумулятивного геоморфологического яруса к денудационно-эрозионному и аккумулятивно-денудационному, что приводит к формированию ландшафтно-гидрогеологических экотонов.

Выводы

Таким образом, в границах Западного Казахстана можно выделить три гидрогеологические области:

1) Общесыртовско-Илекская область (кластеры 3, 4, 5), в пределах которой важную роль в дифференциации родниковых урочищ играют факторы высотно-генетической ярусности и ландшафтной асимметрии;

2) Прикаспийская область (кластеры 2, 6, 8, 9), где выходы родников связаны преимущественно с солянокупольными возвышенностями. Особенностью родниковых ландшафтов в пределах соляных куполов являются аномальные гидрогеохимические параметры, связанные с

размещением эвапоритовых пород в зоне аэрации, где происходит их растворение и вынос продуктов выщелачивания в том числе родниковыми водами;

3) Мангышлакская область (кластеры 1, 7, 10, 11), где выходы родников приурочены преимущественно к эрозионным ложбинам хребта Мангистау или к абразионным вскрытым водоносным горизонтам на побережье Каспийского моря.

Список источников

1. Ахмеденов К М 2015 Родниковые ландшафты Западного Казахстана (Уральск: ТОО «NIDS») 131

2. Ахмеденов К М 2014 Паспортизация родников Западного Казахстана. Ивановские чтения - 2014: сборник материалов республиканской научно-практической конференции, посвященной 85-летию профессора М. М. Фатртушеной. Уральск 11-14

3. Ахмеденов К М и Жантасова Г М 2012 Комплексная оценка состояния родниковых урочищ «Аксу» и «Акбулак» Западно-Казахстанской области. Степи Северной Евразии: сборник VI международного симпозиума и VIII международной школы-семинара «Геоэкологические проблемы степных регионов» Оренбург 261-264

4. Глазовская М А 2002 Геохимические основы типологии и методики исследования природных ландшафтов (Смоленск: Ойкумена) 288

5. Петрищев В П 2009 Кластерная дифференциация родниковых выходов подземных вод Южного Предуралья. Многопрофильный университет как региональный центр образования и науки: материалы Всероссийской научно - практической конференции. Оренбург 1919-1924

6. Петрищев В П 2010 Кластерная дифференциация родников западной части Оренбургской области. Интеграция науки и практики в профессиональном развитии педагога: материалы всероссийской научно – практической конференции. Оренбург 1489-1495

7. Питьева К Е 1978 Гидрогеохимия: формирование химического состава

подземных вод (Москва: Изд-во МГУ) 325

8. Сивохип Ж Т 2003 Роль естественных выходов подземных вод в ландшафтной структуре Оренбургской области. Степи Северной Евразии: Эталонные степные ландшафты: проблемы охраны, экологической реставрации и использования: материалы III международного симпозиума. Оренбург 463-466

9. Сивохип Ж Т, Петрищев В П и Чибилев А А 2003 Природное разнообразие и охрана родниковых урочищ Южного Приуралья. Охрана окружающей среды Оренбургской области: Информационно–аналитический ежегодник. Комитет по природоохранной деятельности и мониторингу окружающей среды администрации Оренбургской области. Оренбург Выпуск 3. 195-209

10. Сивохип Ж Т, Петрищев В П и Чибилев А А 2003 Естественные выходы подземных вод Южного Предуралья: связь гидрогеохимической дифференциации с типами местности. Известия РГО 135 Выпуск 3. 42-50

References

1. Axmedenov K M 2015 Rodnikovy`e landshafty` Zapadnogo Kazaxstana (Ural`sk: TOO «NIDS») 131

2. Axmedenov K M 2014 Pasportizaciya rodnikov Zapadnogo Kazaxstana. Ivanovskie chteniya - 2014: sbornik materialov respublikanskoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvyashhennoj 85-letiyu professora M. M. Fatrtushenoj. Ural`sk 11-14

3. Axmedenov K M i Zhantasova G M 2012 Kompleksnaya ocenka sostoyaniya rodnikovy`x urochishh «Aksu» i «Akbulak» Zapadno-Kazaxstanskoj oblasti. Stepi Severnoj Evrazii: sbornik VI mezhdunarodnogo simpoziuma i VIII mezhdunarodnoj shkoly`-seminara «Geoe`kologicheskie problemy` stepny`x regionov» Orenburg 261-264

4. Glazovskaya M A 2002 Geoximicheskie osnovy` tipologii i metodiki issledovaniya prirodny`x landshaftov (Smolensk: Ojkumena) 288

5. Petrishhev V P 2009 Klasternaya differenciaciya rodnikovy`x vy`xodov podzemny`x vod Yuzhnogo Predural`ya. Mnogoprofil`ny`j universitet kak

regional`ny`j centr obrazovaniya i nauki: materialy` Vserossijskoj nauchno - prakticheskoj konferencii. Orenburg 1919-1924

6. Petrishhev V P 2010 Klasternaya differenciaciya rodnikov zapadnoj chasti Orenburgskoj oblasti. Integraciya nauki i praktiki v professional`nom razvitii pedagoga: materialy` vserossijskoj nauchno – prakticheskoj konferencii. Orenburg 1489-1495

7. Pit`eva K E 1978 Gidrogeoximiya: formirovanie ximicheskogo sostava podzemny`x vod (Moskva: Izd-vo MGU) 325

8. Sivoxip Zh T 2003 Rol` estestvenny`x vy`xodov podzemny`x vod v landshaftnoj strukture Orenburgskoj oblasti. Stepi Severnoj Evrazii: E`talonny`e stepny`e landshafty`: problemy` oxrany`, e`kologicheskoj restavracii i ispol`zovaniya: materialy` III mezhdunarodnogo simpoziuma. Orenburg 463-466

9. Sivoxip Zh T, Petrishhev V P i Chibilev A A 2003 Prirodnoe raznoobrazie i oxrana rodnikovy`x urochishh Yuzhnogo Priural`ya. Oxrana okruzhayushhej sredy` Orenburgskoj oblasti: Informacionno–analiticheskij ezhegodnik. Komitet po prirodooxrannoj deyatel`nosti i monitoringu okruzhayushhej sredy` administracii Orenburgskoj oblasti. Orenburg Vy`pusk 3. 195-209

10. Sivoxip Zh T, Petrishhev V P i Chibilev A A 2003 Estestvenny`e vy`xody` podzemny`x vod Yuzhnogo Predural`ya: svyaz` gidrogeoximicheskoj differenciacii s tipami mestnosti. Izvestiya RGO 135 Vy`pusk 3. 42-50

Для цитирования: Сергеева И.В., Пономарева А.Л., Шевченко Е.Н., Мохонько Ю.М., Сергеева Е.С. Кластерная дифференциация родников Западного Казахстана // Московский экономический журнал. 2023. № 5. URL: https://qje.su/rekreacia-i-turizm/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-5-2023-10/

© Сергеева И.В., Пономарева А.Л., Шевченко Е.Н., Мохонько Ю.М., Сергеева Е.С., 2023. Московский экономический журнал, 2023, № 5.