

ховському об'єкті розробки Котелевсько-Березівської зони ДДЗ.

Література

1. Щелкачев В. Н. Разработка нефтеводоносных пластов при упругом режиме [Текст] / В. Н. Щелкачев. – М.: Гостоптехиздат, 1959. – 467 с.
2. Закиров С. Н. Теория водонапорного режима газовых месторождений [Текст] / С. Н. Закиров, Ю. П. Коротяев., Р. М. Кондрат и др. – М.: Недра, 1976. – 240 с.
3. Кристеа. Н. Подземная гидравлика [Текст] / Н. Кристеа. – М.: Гостоптехиздат, 1961. – Т. 1. – 343 с.
4. Абеленцев В. М. Особливості обводнення газоконденсатних та нафтових покладів родовищ Дніпровсько-Донецької западини [Текст] / В. М. Абеленцев, А. Й. Лур'є, М. Ю. Несстеренко // Вісн. Харк. нац. ун-ту, № 1084. – 2013. – С. 9–14.

УДК 555.491.5(571.121)

*Амджади Азиз, аспірант,

**Д.Ф. Чомко, к.геол.н., доцент,

*Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина,

**Киевский национальный университет имени Т. Шевченко

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ГРУНТОВЫХ ВОД В ШИРАЗСКОЙ И ХОРРАМАБАДСКОЙ МЕЖГОРНЫХ ВПАДИНАХ ИРАНА

Сравнение условий формирования и загрязнения грунтовых вод двух больших межгорных впадин с использованием большого количества химических элементов и соединений (10 и более) очень трудная задача. Нами предложен новый способ, который базируется на использовании факторного анализа. Применение этого метода позволяет определять источники загрязнения грунтовых вод и сравнивать условия их формирования на разных территориях. Метод опробован при исследовании химического состава грунтовых вод Ширазской и Хоррамабадской межгорных впадин Ирана.

Ключевые слова: Иран, Ширазская и Хоррамабадская межгорные впадины, грунтовые воды, химический состав, загрязнение, кластерный анализ.

Амджади Азиз, Д.Ф. Чомко. ВИКОРИСТАННЯ ФАКТОРНОГО АНАЛІЗУ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ГРУНТОВИХ ВОД В ШИРАЗЬКІЙ І ХОРАМАБАДСЬКІЙ МІЖГІРСЬКИХ ВПАДИНАХ ІРАНУ. Порівняння умов формування її забруднення грунтових вод двох великих міжгірських впадин із використанням великої кількості хімічних елементів і сполук (10 і більше) дуже важка задача. Нами запропоновано новий спосіб, який базується на використанні факторного аналізу. Використання цього аналізу дозволяє викривати джерела забруднення грунтових вод і порівнювати умови їх формування на різних територіях. Метод випробування при дослідженні хімічного складу грунтових вод Ширазької і Хоррамабадської міжгірських впадин Ірану.

Ключові слова: Іран, Ширазька і Хоррамабадська міжгірські впадини, ділянка, ґрунтові води, хімічний склад, забруднення, факторний аналіз.

Постановка проблемы.

Грунтовые воды Ширазской межгорной впадины широко используются для водоснабжения, в промышленности, для полива сельскохозяйственных культур и других целей. Грунтовые воды впадины в зоне питания имеют минерализацию до 1 г/дм³, а в зоне разгрузки минерализация заметно повышается, что связано с континентальным засолением и антропогенным загрязнением (удобрения, отходы химического производства и отливы из шахт). Грунтовые воды сульфатно-хлоридного кальциево-магниевого состава, удовлетворяющие питьевым нормам. Тип воды на северо-западе и на юго-востоке впадины гидрокарбонатный кальциево-магниевый. Грунтовые воды содержат также тяжелые металлы.

В настоящее время планируется более широко использовать и грунтовые воды Хоррамабадской впадины.

Анализ публикаций и определение не решенных проблем.

Геологическое строение и гидрогеологические условия Хоррамабадской межгорной впадины изучалась иранскими фирмами: (Сангаб, 2010г, 1980г.); (Абкав, 1970г.); (NKRC, 1995г., 1997г.) [5, 7]. Этими фирмами были построены геологическая и гидрогеологическая карты, изучен химический состав грунтового водоносного горизонта, определены гидрогеологические параметры водоносного горизонта. Большой вклад в изучение гидрогеологических условий Хоррамабадской межгорной впадины внесла кафедра гидрогеологии МГУ (Шестаков В.М.) [3].

Фирмы Сангаб (2010 г.), Абкав (1980г.), NKRC (1991г., 1996г., 1997г.), Махабкодс (1975г.) и Параб (1993г., 1997г.) [5-8] изучали геологическое строение и гидрогеологические условия, химический состав и гидрогеологические параметры грунтовых вод Ширазской межгорной впадины. Результаты этих исследований нашли свое отражение в таких публика-

циях: Джемз и Виндс, Штеклин, Веллз, Кент, Сетудения и Алави [2, 3, 4].

Но в этих работах практически не рассмотрены вопросы формирования химического состава грунтовых вод и их загрязнения, ни в Ширазской, ни в Хоррамабадской межгорных впадинах.

Для установления, какие процессы и факторы действительно являются определяющими в формировании химического состава и загрязнении грунтовых вод в этих впадинах, мы применили методы многомерного статистического анализа (факторный анализ).

Вопросу применения факторного анализа для исследования химического состава подземных вод посвящены работы Девиса Д.С., Искенрога К.Г., Решетова И.К., Чомко Д.Ф., Чомко Ф.В. и др. [9-12].

Литературы по вопросу применения факторного анализа для исследования химического состава грунтовых вод в Иране нет.

Основной материал.

Химический состав подземных вод является конечным результатом воздействия не одного, а целой совокупности природных и техногенных процессов (условий питания и разгрузки, ионного обмена, антропогенного загрязнения и т.д.). Влияние этих процессов на подземные воды, так или иначе, сказывается на взаимосвязанном изменении содержания компонентов и на характере связей между ними. Однако, эти связи в наблюдаемых компонентах подземных вод в «чистом виде» не сохраняются. Корреляционные зависимости между наблюдаемыми значениями переменных фактически являются конечным результатом действия всей совокупности процессов. Поэтому, чтобы установить, какие процессы действительно являются определяющими в формировании химического состава и загрязнении подземных вод, мы и применили методы многомерного статистического анализа.

Статистические методы являются одними из самых эффективных средств выявления закономерностей, скрытых в массивах данных, поскольку в гидрогеологии, как правило, отсутствует возможность непосредственного наблюдения и измерения процессов-факторов. О них можно судить лишь по конечным результатам проявления процессов, отражающихся в значениях различных характеристик [9, 10, 12, 13].

Важное место среди методов многомерного анализа занимают факторный и компонентный анализы. Они представляют собой весьма эффективное средство сжатия информации путем перехода от исходных данных к новым переменным – факторам (компонентам). Изучение

структуры факторов позволяет проверить имеющиеся и выдвинуть новые гипотезы о причинах, порождающих взаимосвязи между наблюдаемыми переменными и тем самым дать причинно-следственную интерпретацию полученных результатов [9].

Метод главных компонент используется как самостоятельный, так и в виде элемента во всех современных схемах факторного анализа. Фундаментальное различие между компонентным и факторным анализом заключается в способе нахождения факторов и предположениях, касающихся природы остатков. В компонентном анализе факторы определяются в соответствии с критерием максимизации их вклада в суммарную дисперсию всех переменных. В собственно факторном анализе факторы находятся по принципу максимизации связей между переменными. Можно сказать, что компонентный анализ состоит в исследовании дисперсий, а собственно факторный анализ – корреляций между переменными. В компонентном анализе предполагается, что остаточные члены ее малы, а в факторном анализе этого предположения не делается. Следовательно, в компонентном анализе считается, что основная часть дисперсии переменной важна для исследования и связана с другими наблюдаемыми переменными. В факторном анализе наоборот, предполагают, что исходным данным присуща значительная доля "специфичности" и используют только ту составляющую переменной, которая коррелируется с другими переменными. В обоих методах предполагается, что остатки не коррелируют с факторами. Однако в компонентном анализе никаких предположений о корреляции между остатками не делается, в то время как в факторном анализе предполагается, что они не коррелируют между собой.

Факторный анализ позволяет получить минимальное число новых переменных, являющихся линейными комбинациями исходных, причем эти новые переменные содержат то же количество информации.

Методы факторного анализа делятся на два больших класса – R-модификация и Q-модификация. Первый связан с исследованием соотношений между переменными и основан на выделении собственных значений и собственных векторов из ковариационной или корреляционной матриц, второй – с исследованием соотношений между объектами и часто используется для исследования их внутренней структуры для представления в многомерном пространстве.

Первый шаг в обеих модификациях факторного анализа – это преобразование исходной матри-

цы данных в квадратную, симметричную матрицу, которая выражает либо степень взаимосвязей между переменными (R-модификация), либо то же между объектами, на которых эти значения определены (Q-модификация). Это делается путем умножения слева или справа матрицы данных на транспонированную к ней матрицу. Матрица данных состоит из N строк наблюдений и M столбцов переменных. Умножая слева матрицу данных $[x$ на транспонированную к ней матрицу $[x'$, получим квадратную матрицу R ($R=[x' * x$), имеющей порядок $M \times M$. Элементы матрицы R состоят из суммы квадратов парных произведений M переменных, представленных в исходной матрице, т.е.:

$$r_{ik} = \sum_{i=1}^n x_{ij} x_{ik}, \quad k, j = 1 \dots m \quad (1)$$

где: j и K – номера столбцов матрицы данных.

Если данные стандартизованы, т.е. каждая переменная имеет нулевое среднее и стандартное отклонение равно 1, то матрица R будет корреляционной матрицей M переменных.

Умножение матрицы данных $[x$ справа на транспонированную к ней матрицу $[x'$, приводит к квадратной матрице Q ($Q = x * [x'$) порядка $N \times N$.

Если матрица данных $[x]$ содержит необработанные наблюдения, то матрица Q содержит квадраты и парные произведения всех пар объектов, просуммированные по переменным.

В большинстве исследований используется больше объектов, чем переменных, так что матрица Q будет большего порядка, чем матрица R , несмотря на то, что они построены по одной исходной матрице данных $[x]$.

Применение факторного анализа в гидрогеологии основано на нахождении собственных значений и собственных векторов либо для матрицы R , либо для матрицы Q . Очевидно, что имеется тесная связь между ними, так как обе матрицы порождены одним и тем же набором данных.

Анализ начинается с вычисления корреляции между данным числом N измеренных переменных. Матрица коэффициентов корреляции обрабатывается по методу главных компонент (R - модификации) факторного анализа. В результате этого получается некоторое число значимых факторов, которыми можно "объяснить" всю изменчивость выборки в терминах новых переменных или факторов. Факторные нагрузки выражают "состав" факторов через исходные переменные. Поскольку эти факторы трудно интерпретировать, то для усиления роли переменных, вносящих существенный в фак-

тор, и уменьшения роли переменных с незначимым вкладом, принято использовать вращение полученных на первом этапе осей (используется метод варимакс).

Каждое из чисел, расположенных в фиксированном столбце матрицы факторных нагрузок означает вклад определенной переменной в состав данного фактора; т.е. фактически можно считать, что каждый столбец представляет собой факторное уравнение, в котором нагрузки являются коэффициентами при соответствующих исходных переменных.

Вычислительная процедура факторного анализа реализована программой СТАТИСТИКА, разработанной на кафедре гидрогеологии Харьковского национального университета имени В.Н. Каразина. Алгоритм вычислений состоит из следующих этапов [9, 10]:

а) исходная матрица данных X нормализуется – приводится к стандартному виду по

$$\text{формуле:} \quad X_k^s = \frac{x_{ki} - \bar{x}_k}{\sigma_k}, \quad (2)$$

где: X_{ki} – значение k -го признака i -той строки, \bar{x}_k – среднее значение k -го признака, σ_k – среднеквадратическое отклонение k -го признака, k – номер столбца, i – номер строки матрицы данных;

б) на основе нормализованной матрицы X^s вычисляется корреляционная матрица R , путем умножения ее слева на транспонированную к ней матрицу;

в) находят собственные векторы (Z) матрицы R , которые являются не чем иным как главными компонентами;

$$Z_j = \sum_{i=1}^p A_{ji} X_{ji}^s \quad j = 1 \dots P, \quad (3)$$

где P – количество главных компонент (равно количеству параметров в исходной матрице; A_{ji} – вес j -ой компоненты в i -ой переменной (или наоборот);

г) из собственных векторов конструируется ортогональная матрица, связывающая признаки и факторы. Факторные нагрузки являются коэффициентами корреляции между признаками и факторами;

д) факторы ранжируют по убыванию дисперсии. Полученная матрица факторных нагрузок и является основой для гидрогеологической интерпретации;

е) для оценки степени проявления различных факторов на различных участках пространства (например, для выявления интенсивности протекания различных природных и техногенных процессов в разных частях долин) рассчи-

тывается матрица значений факторов в точках наблюдения (скважинах, источниках):

$$F_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^M f_{jk} \times X_{ik}^s}{\lambda_j}, \quad (4)$$

где: F_{ij} – значение j -того фактора в i -той точке, f_{jk} – факторная нагрузка j -того фактора на k -тую переменную, X_{ik}^s – значение k -той переменной в i -той точке, λ_j – вектор собственных значений корреляционной матрицы, или сумма квадратов факторных нагрузок j -того фактора, M – количество переменных.

По пакету программ факторного анализа были обработаны данные химического состава грунтовых вод Ширазской и Хоррамабадской межгорных впадин.

Для реализации этой методики использованы данные химических анализов грунтовых вод, расположенных в разных местах Ширазской и Хоррамабадской межгорных впадинах (табл. 1).

Определения химического состава грунтовых вод выполнены в одной аккредитованной лаборатории в Тегеране на один тот же момент времени (июль 2011г.).

Исходная матрица данных содержит информацию о химическом составе грунтовых вод по 61 скважинам и источникам. Для каждой скважины были определены значения 17 следующих переменных: Ca, Mg, Na, HCO₃, SO₄, Cl, pH, Cd, Co, Ba, Cu, Mo, Ni, Pb, Zn, Fe и минерализация. Эти основные компоненты описывают состояние подземных вод. Анализ их совокупности, характера связей между ними должен дать ответ о природе процессов, определяющих формирование и загрязнение подземных вод, составить их прогноз.

Результаты химического состава грунтовых вод, приведенные в таблицах, запишем в виде матриц и проведем факторный анализ.

Исходная матрица содержит химические анализы грунтовых вод из 37 скважин и 24 источников, расположенных в Ширазской и Хоррамабадской межгорных впадинах. Они охарактеризованы 17-ю химическими элементами и соединениями.

Для оценки силы связи между отдельными показателями химического состава грунтовых вод без учета влияния остальных переменных нами проведен корреляционный анализ. Анализ матрицы парных коэффициентов корреляции показал следующее: значимые положительные связи установлены для Ca и HCO₃ (0,736), Cu с

Fe (0,505) и отрицательные связи для Na с Cr (0,539), Ba с Fe (0,591). Сильная зависимость Cl, SO₄, фтора, калия, кадмия и цинка со всеми другими элементами отсутствует.

Однако выявленные особенности распределения парных связей компонентов грунтовых вод не позволяют с достаточной уверенностью судить ни о факторах, формирующих химический состав и специфике загрязнения, ни тем более о количественной роли каждого из них.

Более полная информация была получена с помощью метода главных компонент или R-модификация факторного анализа. Полученные результаты приведены в табл. 2.

Анализируя данные этой таблицы можно установить следующее:

1. Существует ряд факторов, на долю которых приходится 100% суммарного воздействия на изучаемые показатели химического состава грунтовых вод. Существенный вклад при этом вносят четыре фактора, веса которых более 10% после вращения матрицы. Они отражают вклад каждого из факторов в суммарную дисперсию исследуемой выборки.

2. В первый фактор (вес **25,730%**) с положительной силой связи больше 0,5 входят: медь (сила связи 0,6068), магний (0,7105), натрий (0,9326), хлор (0,8518), М (0,8715) и ЕС_{ум} (0,8909). Силу связи больше 0,2 имеют кобальт (0,2157), железо (0,3476), pH (0,3601), HCO₃ (0,3578) и Ca (0,2283). Остальные элементы по силе связи сколько-нибудь заметного вклада в этот фактор не вносят. Наиболее характерными элементами первого фактора является медь, хлор, магний, натрий, М и ЕС.

3. Во второй фактор (вес **17,534%**) с положительной силой связи больше 0,5 входят: барий (сила связи 0,6333), молибден (0,9005), никель (0,6960), железо (0,8402). Положительную силу связи больше 0,2 имеют кобальт (0,4393), медь (0,3998) и pH (0,3478). Остальные элементы заметного вклада во второй фактор не вносят. Основными элементами, характеризующими этот фактор, являются бром и железо.

4. В третий фактор (вес **14,039%**) с положительной силой связи больше 0,5 вошли: SO₄ (0,9383) и кальций (0,9234). Положительную силу связи больше 0,2 имеют: кобальт (0,2440), барий (0,4077), М (0,4510) и ЕС (0,4220), а отрицательную силу имеет кадмий (-0,2543). Основными элементами, характеризующими третий фактор, являются SO₄ и кальций.

Таблица 1

Химический состав грунтовых вод (мг/дм³)
Ширазская межгорная впадина

Тип источника	Cd	Co	Ba	Cu	Mo	Ni	Pb	Zn	Fe	PH	Cl	HCO ₃	SO ₄ (мг/л)	Ca(мг/л)	Mg(мг/л)	Na(мг/л)	M(мг/л)	EC
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Пирбона.ск	0.007	0,00001	0.001	0.014	0,00001	0.01	0,00001	0.393	0.032	8,3	43	165	202	68	50	28	530	740
Пол беренджи.ра	0.007	0,00001	0.028	0.015	0.017	0.004	0,00001	0.425	0.214	8,3	391	195	79	72	28	201	940	1670
Бабахаджи.ск	0.004	0.005	0,00001	0.003	0.008	0.03	0.001	0.145	0.027	8,3	53	185	231	78	50	41	580	937
Полфаса.ск	0.008	0,00001	0.002	0.019	0,00001	0.02	0,00001	0.398	0.038	8,2	58	201	210	74	51	38	605	904
Бармедаде.ра	0.004	0.011	0.003	0.014	0,00001	0.01	0,00001	0.388	0.039	7,8	56	238	189	72	54	36	617	873
кафтарак.ск	0.005	0.013	0.005	0.005	0.005	0.015	0.023	0.039	0.038	8,2	57	256	192	74	54	33	630	869
Бармеделак2.ра	0.008	0.015	0.004	0.006	0.006	0.014	0.026	0.04	0.037	7,8	57	305	154	82	55	33	640	869
Барметаер.ра	0.008	0.015	0.004	0.006	0.006	0.014	0.026	0.04	0.037	7,5	184,9	305	205	104	67	378	1571	2290
Бармешур.ск	0.006	0.01	0.001	0.01	0.014	0.016	0.007	0.244	0.162	7,9	185	305	230	117	77	548	1974	3050
Бармехан.ра	0.006	0.03	0.015	0.377	0.051	0.044	0.046	0.122	1.472	8,3	1018	244	255	120	80	718	2380	3810
Бармебабунак.ра	0.002	0.01	0.014	0.012	0.007	0.004	0.023	0.04	0.12	8,3	1206	244	264	160	61	856	2700	4346
Солтанабад.ск	0.002	0.012	0.035	0.006	0.014	0.01	0.016	0.018	0.096	8,2	85	194	283	94	64	58	760	1132
Шапур.ск	0.002	0.015	0.03	0.017	0.048	0.004	0.23	0.057	0.298	8	85	180	283	98	43	50	665	1035
Круни.ск	0.006	0.01	0.025	0.024	0.059	0.087	0.041	0.315	1.391	8,5	92	207	288	118	58	57	700	1170
Джарестан.ск	0.007	0.02	0.006	0.009	0.005	0.009	0.002	0.196	0.203	8	71	195	264	90	52	45	686	1000
Гачи.ск	0.004	0.018	0.004	0.015	0.012	0.039	0.032	0.051	0.099	7,4	64	220	231	98	47	40	665	936
Махмудабад.ск	0.005	0.015	0.023	0.021	0.056	0.085	0.038	0.305	1.384	8,2	64	220	250	94	47	40	677	918
Пирмохамад.ск	0.007	0,00001	0.029	0.016	0.018	0.005	0,00001	0.429	0.218	7,9	185	225,5	154	71	39	25	518	703

Хатунак.ск	0.006	0.009	0.024	0.017	0.017	0.082	0.027	0.025	0.047	7,88	184,9	225,52	107	58	36	17	435	509
Мониабад.ск	0.006	0.005	0,00001	0.013	0,00001	0,00001	0.039	0.13	0.054	7,3	21	214	59	46	33	10	351	486
Хабир.ск	0.006	0.004	0.016	0.011	0,00001	0.021	0.024	0.147	0.002	7,6	18	232	62	60	28	13	376	520
Шамс.ск	0.002	0.003	0.018	0.035	0.008	0.004	0.016	0.063	0.046	7,3	25	299	106	84	34	21	501	695
Мансурабад.ск	0.01	0.014	0.004	0.018	0.032	0.019	0.042	0.065	0.219	7,4	21	226	67	56	27	13	367	537
Мохамед.ск	0.004	0.036	0.037	0.036	0.025	0.049	0.045	0.092	0.264	7,6	25	226	73	52	30	19	384	545
Касргоше.ск	0.007	0.027	0.043	0.039	0.012	0.036	0.019	0.09	0.128	7,8	333	226	1047	349	27	213	2130	2950
Саади.ск	0,00001	0.01	0,00001	0.011	0.003	0.019	0.02	0.173	0.295	7,4	142	232	744	221	61	171	1327	2280
Абхан.ск	0,00001	0.017	0.038	0.039	0.095	0.038	0.023	0.146	1.338	8,1	301	275	288	94	75	201	1190	1820
Алибад.ск	0.006	0.02	0.005	0.019	0.016	0.04	0.036	0.065	0.01	7,3	50	281	180	80	49	32	624	854
Баграм.ск	0,00001	0.021	0.013	0.027	0.018	0,00001	0.027	0.073	0.047	8	234	238	317	92	90	133	1715	2500

Хоррамабадская межгорная впадина

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Рашиди-Дар Ск	0,0005	0,004	0,015	0,003	0,00001	0,0004	0,0008	0,005	0,048	7,28	80	300	60	230	170	13	384	600
Мелекшахи ск	0,00008	0,0008	0,074	0,048	0,00001	0,001	0,005	0,00001	0,11	7,02	30	510	57	350	240	6	441	690
Насерванд ск	0,00009	0,001	0,066	0,004	0,0004	0,0013	0,0005	0,007	0,00001	7,41	60	400	157	280	220	108	364	570
Дехбагер ск	0,00005	0,001	0,01	0,002	0,004	0,0016	0,0008	0,0009	0,059	7,21	130	570	3	390	280	29	643	990
Борджалы ист	0,0001	0,001	0,192	0,001	0,001	0,003	0,0002	0,014	0,04	7,41	20	320	20	180	200	1	236	370
Сорхе де ра	0,00008	0,003	0,2	0,001	0,001	0,003	0,0001	0,008	0,056	7,83	330	390	178	340	240	290	650	1000
Робат намаки ск	0,00009	0,001	0,17	0,001	0,001	0,003	0,0005	0,004	0,021	7,71	160	460	55	350	300	20	507	780
Келмехуб ра	0,0002	0,002	0,21	0,003	0,00002	0,005	0,001	0,0008	0,11	7,4	80	530	143	360	250	108	409	640
Чешмебид ра	0,0001	0,002	0,23	0,003	0,0005	0,005	0,003	0,019	0,04	7,38	40	350	14	390	10	4	188	450
Сараб сага ра	0,0002	0,003	0,09	0,002	0,00001	0,0034	0,0007	0,004	0,07	7,5	40	530	92	430	200	26	416	650

Гале джогд ра	9,0001	0,001	0,08	0,0009	0,0009	0,003	0,0002	0,006	0,016	7,32	20	360	5	330	50	6	294	460
Сашме чераг ра	0,0002	0,001	0,2	0,002	0,00002	0,002	0,004	0,004	0,001	7,23	70	430	11	330	110	65	371	580
Сабур ск	0,00009	0,008	0,08	0,046	0,00001	0,002	0,005	0,005	0,9	7,54	40	380	52	340	110	18	294	460
Сашме сорхе ра	0,00008	0,0014	0,01	0,002	0,003	0,0017	0,0009	0,0009	0,06	7,97	70	330	71	300	110	39	275	430
Навекеш ра	0,00001	0,002	0,08	0,005	0,0006	0,002	0,006	0,008	0,1	7,18	30	390	24	360	80	3	326	510
Гилуран ск	0,00005	0,003	0,015	0,003	0,00001	0,0005	0,0008	0,005	0,04	7,26	120	490	5	390	200	24	624	960
Сарабеяс ра	0,00007	0,004	0,01	0,005	0,00002	0,0004	0,00007	0,005	0,04	7,34	70	490	127	370	210	90	435	680
Кихриз ра	0,00008	0,003	0,015	0,006	0,00001	0,004	0,0007	0,004	0,049	7,64	30	270	98	250	8	56	224	350
Алибад ск	0,0001	0,0013	0,01	0,02	0,00004	0,004	0,00001	0,007	0,098	7,52	50	340	142	290	160	73	313	490
Чогаруши ск	0,00001	0,0013	0,07	0,005	0,0005	0,002	0,006	0,008	0,1	7,16	70	690	64	210	510	95	494	760
Сарнамак ск	0,0001	0,002	0,19	0,003	0,0003	0,003	0,0006	0,015	0,04	7,18	160	600	65	450	360	16	669	1030
Чангай ра	0,00009	0,008	0,08	0,04	0,00003	0,001	0,04	0,05	0,09	7,23	80	470	9	380	160	16	468	720
Чамгарх ск	0,0001	0,0008	0,08	0,04	3E-06	0,001	0,00005	0,05	0,09	7,18	160	600	65	450	360	16	669	1030
Чаркал ск	0,00008	0,002	0,1	0,001	0,001	0,003	0,00001	0,008	0,05	7,47	285	810	193	260	440	600	838	1270
Доре ра	0,00005	0,001	0,08	0,006	0,0008	0,002	0,00007	0,009	0,15	7,02	30	610	57	350	240	96	441	690
Гуше оа	0,00008	0,0007	0,07	0,04	0,00001	0,001	0,004	0,004	0,09	7,66	10	290	90	350	40	1	236	370
Гардабсанги ра	0,0002	0,001	0,1	0,002	0,00007	0,004	0,0001	0,0008	0,09	7,38	40	350	14	390	10	4	288	450
Кив ра	0,00002	0,001	0,1	0,002	0,00005	0,003	0,001	0,0007	0,098	7,56	20	380	1	290	8	2	294	4650
Чешметала ра	0,00002	0,002	0,2	0,04	0,00001	0,003	0,004	0,003	0,053	8,16	60	450	9	350	150	9	345	540
Сарабгорчи ра	0,0002	0,003	0,08	0,05	0,00001	0,0035	0,005	0,005	0,09	7,41	60	400	157	280	220	108	364	570
Дарбанд ск	0,002	0,001	0,06	0,007	0,0001	0,002	0,0008	0,0006	0,004	7,54	70	370	106	320	170	63	342	523
Балилванд ск	0,004	0,004	0,015	0,003	0,00005	0,0004	0,093	0,006	0,05	7,4	60	530	143	360	250	108	409	640

Факторные нагрузки после вращения (R- модификация)

№ п/п	Элементы	Ф а к т о р и				
		1	2	3	4	5
1	Cd	-0,152464	-0,179923	-0,254280	-0,262346	0,152656
2	Co	0,215674	0,439273	0,244002	0,586797	0,099643
3	Ba	-0,107729	0,633333	0,407664	-0,018868	0,197076
4	Cu	0,606839	0,399788	-0,099645	0,059385	0,039815
5	Mo	0,181376	0,900517	-0,055956	0,033718	-0,007036
6	Ni	-0,087461	0,695690	0,007161	-0,043157	0,039815
7	Pb	-0,147891	0,438509	0,074375	0,372325	-0,007031
8	Zn	-0,057275	-0,011887	-0,108763	-0,849100	-0,147891
9	Fe	0,347570	0,840151	-0,054852	-0,165320	-0,007035
10	pH	0,360133	0,347771	0,037337	-0,680965	-0,179923
11	Cl	0,851826	0,094154	0,192076	-0,062660	-0,188639
12	HCO ₃	0,357849	-0,188634	-0,193964	0,597823	0,244301
13	SO ₄	0,131074	0,039815	0,928334	0,026640	0,362825
14	Ca	0,258270	-0,007035	0,923378	0,068206	0,236260
15	Mg	0,710536	0,063549	-0,090143	0,083032	0,074375
16	Na	0,932648	-0,049452	0,152056	0,046384	0,029814
17	M	0,871545	-0,043911	0,451051	0,097694	-0,007331
18	EC	0,890944	-0,036467	0,421982	0,061672	-0,149891
Общ.дисп.		4,631433	3,156244	2,526969	2,159754	2,019744
Веса факторов, %		25,7302	17,5347	14,0387	11,9986	9,8641

5. В четвертый фактор (вес **11,998%**) с положительной силой связи больше 0,5 входят: кобальт (0,5868) HCO₃ (0,5978). С отрицательной силой связи больше 0,5 входят: цинк (-0,8491) и pH (-0,6809). Положительную силу связи больше 0,2 имеет свинец (0,3723). Характерными элементами четвертого фактора являются: цинк, Рн, кобальт и HCO₃.

6. В пятый фактор (вес **9,864%**) с положительной силой связи больше 0,2 вошли: HCO₃ (0,2443), SO₄ (0,3628) и кальций (0,2363). Остальные элементы заметного вклада в этот фактор не вносят.

В связи с тем, что пятый и последующие факторы имеют вес меньше 10% и в них нет ни одного элемента с силой связи больше 1,0, то в дальнейшем эти факторы не рассматриваются.

Для анализа распространения выделенных четырех факторов на территории Ширазской и Хоррамабадской межгорных впадин определялись нагрузки каждого из них по всем скважинам и источникам, для этого нами была применена Q-модификация факторного анализа. Результаты этого анализа приведены в табл. 3 и 4 и на рис. 1 и 2.

Ширазская межгорная впадина.

Распределение факторных нагрузок на скважины и источники на территории Ширазской межгорной впадины приведено в табл. 3 и

на рис. 1. По расположению изолинии этих факторов на территории впадины можно сделать следующие выводы:

1. Первый фактор имеет положительную нагрузку и распространен в западной части впадины и только локально выделяется в северо-западной и западной ее частях, имея максимальную нагрузку значения (больше +1,0) в районе источников Бармехан (3,25), Бармебунак (2,57) и скв. Бармешур (1,57). Положительные нагрузки от 0,5 до 1,0 имеют также скв. Абхан (0,71), Баграм (0,87) и ист. Барметаер (0,87).

Отрицательные нагрузки этого фактора небольшие и только в скв. Шапур (-0,97), Хатунак (-0,77), Мониабад (-0,77), Хабир (-0,84), Мансурабад (-0,8), Мохаммед (-0,99) и Абхан (-0,71) они имеют нагрузку от 0,5 до 1,0. Так как все скважины имеют отрицательную нагрузку меньше единицы, поэтому в дальнейшем они не рассматриваются.

2. Второй фактор имеет положительную нагрузку в широкой полосе, которая тянется с запада на северо-восток в центральной части впадины, и локально на юго-западе. Здесь максимальную нагрузку он имеет: в скв. Круни (2,08) и Шапур (1,42), Абхан (2,10), Мохаммед (1,20) и ист. Бармехан (1,72). Положительные нагрузки от 0,5 до 1,0 имеет также скв. Хатунак (0,61).

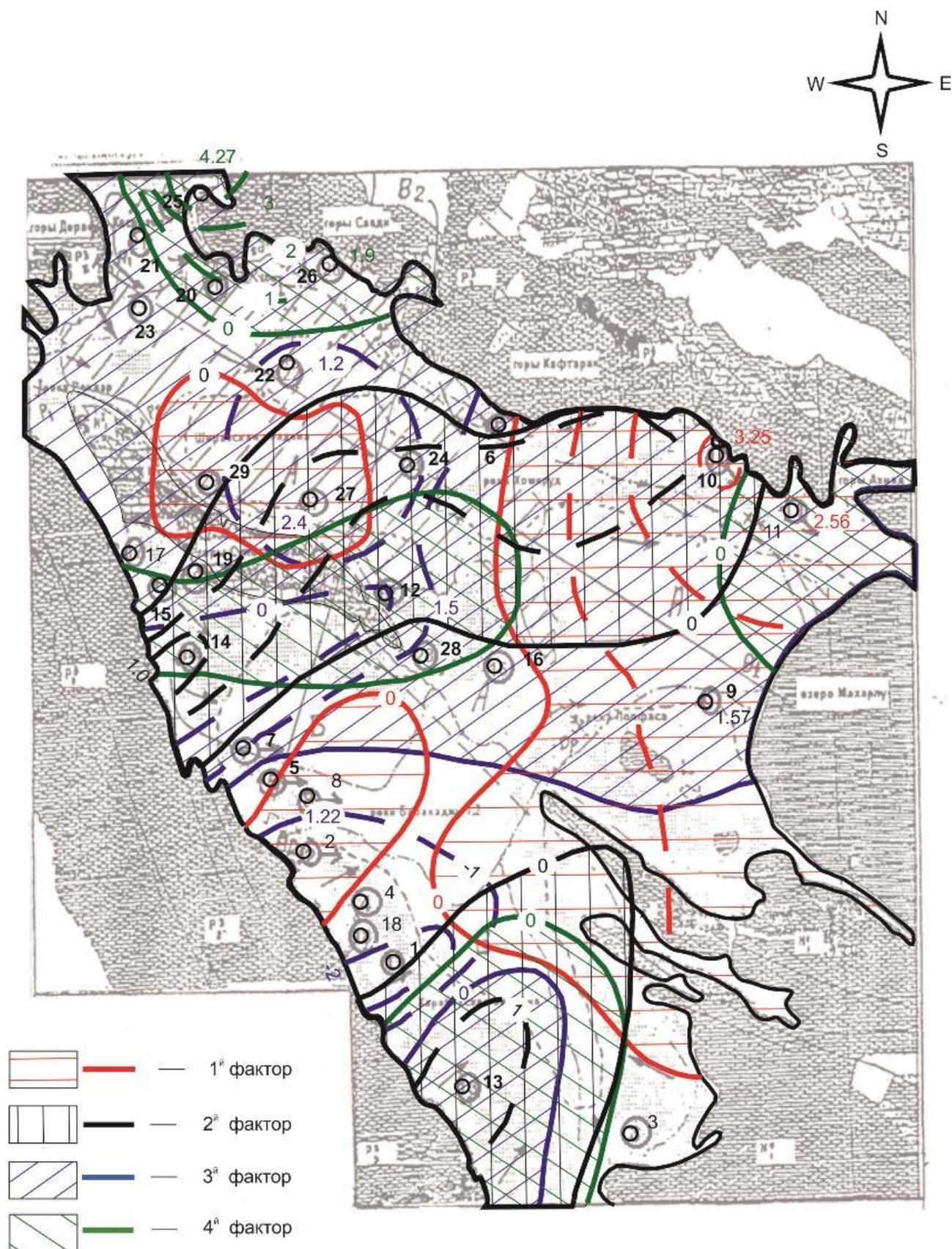


Рис. 1. Карта-схема факторных нагрузок на скважины и источники в Ширазской впадине

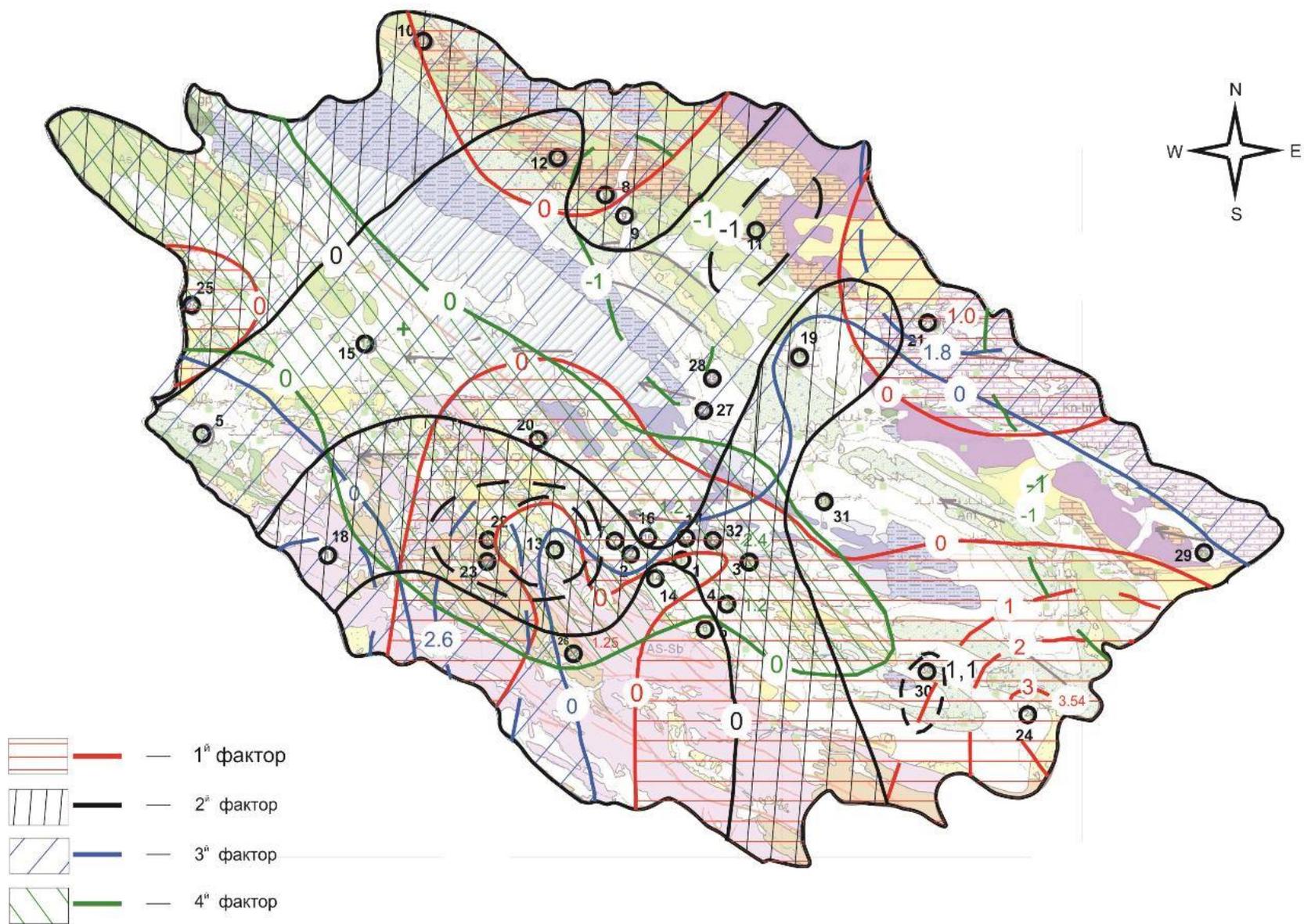


Рис. 2. Карта-схема факторных нагрузок на скважины и источники в Хоррабадской впадине

Факторные нагрузки на скважины и источники после вращения (Q-модификация) (Ширазская межгорная впадина)

№ п/п	Скважина (источник)	Ф а к т о р ы			
		1	2	3	4
1	2	3	4	5	6
1	Пирбона. скв.	-0,353791	-0,75265	-2,01828	-0,282473
2	Полберенджи. ист.	0,068046	-0,27636	-2,03876	-0,085501
3	Бабахаджи. скв.	-0,343500	-0,41065	-0,89190	-0,119954
4	Полфаса. скв.	-0,217185	-0,76212	-1,73186	-0,389261
5	Бармедаде. ист.	-0,180478	-0,76508	-0,56951	-0,419671
6	Кафтарак. скв.	-0,161650	-0,45554	0,32813	-0,455622
7	Бармеделак. ист.	-0,082286	-0,66431	0,99987	-0,790479
8	Барметаер. ист.	0,869834	-1,03430	1,22364	-0,439387
9	Бармешур. скв.	1,572496	-1,04629	0,12085	-0,353454
10	Бармехан. ист.	3,257177	1,72258	0,18312	-0,763217
11	Бармебабунак. ист.	2,566158	-1,02819	-0,15355	0,840410
12	Солтанабад. скв	-0,351905	0,15420	-0,06014	0,535128
13	Шапур. скв.	-0,977612	1,42434	0,90634	0,648162
14	Круни. скв.	-0,175925	2,08464	-1,39674	0,013842
15	Джарестан. скв.	-0,295752	-0,39402	-0,41573	0,025784
16	Гачи. скв.	-0,561400	-0,13900	0,93379	-0,011651
17	Махмудабад. скв.	-0,375449	2,02210	-0,82149	-0,168912
18	Пирмохамад. скв.	-0,450839	-0,24053	-1,40796	-0,247836
19	Хатунак. скв.	-0,773432	0,60600	0,21379	-0,395586
20	Мониабад. скв.	-0,766594	-0,85339	0,36936	-0,780966
21	Хабир. скв.	-0,845751	-0,49343	0,04994	-0,492036
22	Шамс. скв	-0,536607	-0,65376	1,16288	-0,470584
23	Мансурабад. скв.	-0,798168	-0,03053	0,64968	-0,864068
24	Мохаммед. скв.	-0,998615	1,20217	1,24011	-0,172677
25	Касргоше. скв.	-0,303517	0,04094	0,18048	4,267164
26	Саади. скв.	0,039571	-0,82594	0,36955	1,927690
27	Абхан. скв.	0,712310	2,10194	2,37246	-0,211658
28	Алиабад. скв.	-0,410197	-0,20116	1,46671	-0,558552
29	Баграм. скв.	0,875061	-0,33167	0,73521	-0,215364

Отрицательные нагрузки этого фактора больше -1,0 зафиксированы в скв. Бармешур (-1,04) и на ист. Бармебабунак (-1,02) и Барметаер (1,04). Отрицательная нагрузка от -0,5 до -1,0 зафиксирована также на скв. Саади (-0,82), Шамс (-0,65), Мониабад (-0,85), Пирбона (-0,75), Полфаса (-0,76) и на ист. Бармедаде (0,76) и Бармеделак (-0,66).

3. Третий фактор имеет положительные значения на половине впадины в северной ее части и на небольшом локальном участке в юго-западной части. Максимальные положительные его значения приурочены к скв. Абхан (2,37), Мохаммед (1,24), Шамс (1,16) и к ист. Барметаер (1,22). Положительные нагрузки от 0,5 до 1,0 имеют также скв. Баграм (0,73), Мансурабад (0,65), Гачи (0,93), Шапур (0,90) и ист. Барметалак (0,99).

Отрицательные нагрузки этого фактора больше -1,0 зафиксированы в скв. Пирбона (-

2,02), Полфаса (-1,73), Круни (-1,4), Пирмохамад (-1,41) и ист. Полберенджи (-2,04). Отрицательную нагрузку от -0,5 до -1,0 имеет скв. Махмудабад (-0,82).

4. Четвертый фактор имеет положительные значения больше 1,0 в скв. Касргоше (4,27) и Саади (1,82). Положительные нагрузки от 0,5 до 1,0 имеют также скв. Шапур (0,64), Солтанабад (0,54) и ист. Бармебабунак (0,84).

Отрицательную нагрузку от -0,5 до -1,0 имеет скв. Мониабад (-0,78) и ист. Бармеделак (-0,77), Бармехан (-0,79).

Анализируя совместное распределение всех четырех факторов на территории Ширазской межгорной впадины можно выявить несколько участков, где действуют два или больше факторов.

Так в районе скв. Хабир одновременно действуют первый, второй и третий факторы. Аналогичная картина наблюдается и в районе

скв. Бармехан. Это свидетельствует о подобных условиях питания и возможно и их загрязнения.

В районе скв. Мохаммед действуют второй и третий факторы. Аналогичную ситуацию видим и в районе скв. Шапур. Это также свидетельствует о подобных условиях их загрязнения.

Хоррамабадская межгорная впадина.

Распределение факторных нагрузок на скважины и источники на территории Ширазской межгорной впадины приведено в табл. 4 и на рис 2.

По расположению изолинии этих факторов на территории впадины можно сделать следующие выводы:

1. Первый фактор имеет положительную нагрузку и распространен в южной части впа-

дины и только локально выделяется в северо-западной, северной и северо-восточной ее частях. Здесь он имеет максимальную нагрузку (больше 1,0) в районе скв. Чаркал (3,54), Чамгарх (1,04) и Сарнамак (1,02) и ист. Сорхе де. Положительные нагрузки от 0,5 до 1,0 имеют также скв. Чогаруши (0,94), Балилванд (0,53) и ист. Кельмехуб (0,54).

Отрицательные нагрузки этого фактора больше -1,0 наблюдаются только в ист. Кив (-1,05), Гардабсанги (-1,07), Гуше (-1,04), Гале джогд (-1,55) и Чешмебид (-1,04). Источники Кихриз (-0,92), Навекеш (-0,81), Самше хорхе (-0,59) и Сабур (-0,53) имеют нагрузку от -0,5 до -1,0.

Таблица 4

Факторные нагрузки на скважины и источники после вращения
(Q-модификация) (Хоррамабадская межгорная впадина)

№ п/п	Скважина (источник)	Ф а к т о р ы			
		1	2	3	4
1	2	3	4	5	6
1	Рашиди-Дар скв.	-0,45117	-0,02537	-0,72861	1,36800
2	Мелекшахи скв.	-0,20449	0,14227	0,74256	0,83310
3	Насерванд скв.	0,14818	-0,38843	-0,99033	0,60311
4	Дехбагер скв.	0,44033	-2,01958	-0,81605	1,17385
5	Борджалы ист.	-0,82226	-0,61100	-0,42290	-0,55630
6	Сорхе де ист.	1,95296	0,28252	-1,08768	-1,61482
7	Робат намаки скв.	0,45527	-0,63176	0,10205	1,02355
8	Келмехуб ист.	0,54452	0,17496	-0,20788	-1,63980
9	Чешмебид ист.	-1,04144	0,07964	0,82037	-1,96270
10	Сараб сага ист.	0,00820	0,12134	0,30340	-0,47178
11	Гале джогд ист.	-1,55544	-1,65444	0,42819	-0,10687
12	Сашме чераг ист.	-0,42416	-0,54465	0,53526	-0,59101
13	Сабур скв.	-0,53582	3,40421	-0,31507	0,09455
14	Сашме сорхе ист.	-0,59117	-0,90608	-1,49902	0,62273
15	Навекеш ист.	-0,81633	-0,28876	0,46459	0,34905
16	Гилуран скв.	0,15093	-0,43109	0,88855	0,99360
17	Сарабеас ист.	0,28213	0,15967	-0,26433	1,19949
18	Кихриз ист.	-0,92510	0,31010	-1,62062	-0,10971
19	Алиабад скв.	-0,26838	0,31147	-1,19310	-0,07714
20	Чогаруши скв.	0,93549	-0,73139	0,01780	0,93093
21	Сарнамак скв.	1,02587	-0,34205	1,80790	-0,96777
22	Чангаий ист.	0,05003	2,15174	-1,95618	0,94223
23	Чамгарх скв.	1,04586	0,51671	2,63447	0,11154
24	Чаркал скв.	3,54745	-0,44263	-1,22248	-0,34338
25	Доре ист.	0,16490	-0,62352	0,70798	0,52615
26	Гуше ист.	-1,04311	0,59518	-0,56632	0,24874
27	Гардабсанги ист.	-1,06905	-0,30942	0,19861	-0,82846
28	Кив ист.	-1,04707	-0,77620	0,02230	-0,75297
29	Чешметала ист.	-0,43825	0,82534	-0,09178	-1,57115
30	Сарабгорчи ист.	0,18953	1,12963	-0,91009	-0,16016
31	Дарбанд скв.	-0,23787	-0,30265	-0,80631	0,17897
32	Балилванд скв.	0,52947	0,82423	-0,51973	2,38778

2. Второй фактор имеет положительную нагрузку в полосе, которая тянется с запада на север впадины, а также на юго-западе, в центре в центре и юге. Здесь максимальную нагрузку (больше 1,0) он имеет: в скв. Сабур (34,8) и ист. Чангаий (2,15) и Хорабгорчи (1,12). Положительные нагрузки от 0,5 до 1,0 имеет также скв. Болилванд (0,82), Чамгарх (0,52) и ист. Чешметала (0,82), Гуше (0,59).

Отрицательные нагрузки этого фактора больше -1,0 зафиксированы в скв. Дехбагер (-2,02) и на ист. Гале джогд (-1,65). Отрицательная нагрузка от -0,5 до -1,0 зафиксирована также на скв. Чогаруши (-0,73) и Робат намаки (-0,63) и на ист. Кив (-0,78) и Доре (-0,62), Сашме сорхе (-0,91) и Сашме чераг (-0,54).

3. Третий фактор имеет положительные значения на половине территории впадины, простирающейся от центральной ее части в северо-западном направлении, и на неширокой полосе в западной части впадины. Максимальные положительные его значения (больше 1,0) приурочены к скв. Чамгарх (2,63) и Сарнамак (1,18). Положительные нагрузки от 0,5 до 1,0 имеют также скв. Гилуран (0,89), Мелекшахи (0,74) и ист. Доре (0,71), Сашме чераг (0,59), Чешмебид (0,82).

Отрицательные нагрузки этого фактора больше -1,0 зафиксированы в скв. Алибад (-1,19), Чаркал (-1,22), и ист. Чангаий (-1,95), Кихриз (1,62), Сорхе де (1,08) и Сашме Сорхе (1,5). Отрицательную нагрузку от -0,5 до -1,0 имеет скв. Дарбанд (-0,81), Балилванд (-0,52), Рашиди-Дар (-0,72), Насерванд (-0,88), Дехбагер (-0,81) и ист. Сарабгорчи (-0,91), Гуше (-0,57).

4. Четвертый фактор имеет положительные значения больше 1,0 в скв. Балилванд (2,38) и Рашиди-Дар (1,37), Сарабеяс (1,2), Дехбагер (1,17). Положительные нагрузки от 0,5 до 1,0 имеют также скв. Чагаруши (0,93), Гилуран (0,99) и ист. Сашме сорхе (0,62). Доре (0,53), Чангаий (0,94).

Отрицательную нагрузку более -1,0 имеют скв. и ист. Сорхе де (-1,61), Келмехуб (-1,64) и Чешмебид (-1,96) и Чешметала (-1,57). Отрицательную нагрузку от -0,5 до -1,0 имеет ист Борджалы (-0,55) и Гарбатсамги (-0,82).

Анализируя совместное распределение всех четырех факторов на территории Хоррамабадской межгорной впадины можно выявить несколько участков, где действуют два или больше факторов.

Так в районе ист. Доре. одновременно действуют первый, второй и третий факторы. Аналогичная картина наблюдается и в районе скв. Чамгарх и ист. Чангаий, а также скв. Мелекшахи и Робат намаки и в районе ист. Сараб сага и Келмехуб. Это свидетельствует о подобных условиях питания и возможно и их загрязнения.

Основные выводы.

Сравнивая карты распределения факторных нагрузок для грунтовых вод в Ширазской и Хоррамабадской межгорных впадин (рис. 1 и 2), можно сделать вывод о том, в этих впадинах существуют несколько участков, где действуют два или даже три одинаковых фактора.

Так, грунтовые воды района скв. Хабир и Бармехан в Ширазской впадине, где одновременно действуют первый, второй и третий факторы, точно соответствуют грунтовым водам района ист. Доре, Чангаий, Сараб сага и Келмехуб и скв. Чамгарх, Мелекшахи и Робат намаки в Хоррамабадской впадины, где действуют эти же факторы.

Грунтовые воды в районе скв. Мохаммед и Шапур в Ширазской впадины, где действуют второй и третий факторы, также соответствуют грунтовым водам района скв. Балилванд, Сарабеяс, Насерванд, Дехбагер и ист. Доре, где так же действуют эти же два фактора.

Учитывая то, что во второй и третий факторы входят М и ЕС, которые характеризуют суммарное загрязнение грунтовых вод Ширазской и Хоррамабадской межгорных впадин можно с уверенностью утверждать, что условия загрязнения грунтовых вод этих долин похожие.

Из приведенного выше анализа можно сделать вывод, что при обнаружении любого загрязнения в одной из скважин или источника, например, в Ширазской впадине по карте распределения факторных нагрузок можно будет дать прогноз возможного загрязнения и скважин или источников Хоррамабадской впадины.

Литература

1. Bower H. Groundwater hydrology, 1978.
2. Mathematical model application in Ground-water Studies of Iran. Ground Water, 1997. – Vol. 17. – №4.
3. Шестаков В. М. Формирование повышенной жесткости в зоне разгрузки грунтовых вод конусов выноса в Иране [Текст] / В. М. Шестаков, Ю. М. Марин // Вестник МГУ, Сер. 4, Геология, №4. – М.: 1996. – С. 91–95.
4. Международный Геологический конгресс. Тектоника Азии [Текст]: доклад Штейнлин Й., т. 5. – М.: 1984. – С. 53–68.
5. Гидрохимический отчет. Фирма Параб. Кучмешкиан. – М.: 1994.
6. Геологический и гидрогеологический отчеты: Ширазская впадина №393, фирма Махабкодс. – Тегеран, 1996.
7. Геологический отчет №420-327-859. National Karst Research Center (NKRC), 1996.

8. Геологические отчеты Ирана. Geological survey of Iran, 1980–1987
9. Девис Д. С. Статистический анализ данных в геологии [Текст] : пер. с англ. – М. : Недра, 1990. – 319 с.
10. Искенрог К. Г. Геологический факторный анализ / К. Г. Искенрог, Д. И. Клован, Р. А. Реймент – Л. : Недра, 1980. – 223 с.
11. Амджади Азиз Сравнительная характеристика химического состава грунтовых вод Ширазской и Хоррамабадской межгорных впадин Ирана [Текст] / Азиз Амджади // Вісник Харк. нац. ун-ту ім. В.Н. Каразіна, № 1084. – Харків : ФОП «Петрова», 2013. – С. 22-31.
12. Чомко Д. Ф. Многомерный статистический анализ при исследовании техногенного загрязнения подземных вод [Текст] / Д. Ф. Чомко, И. К. Решетов, Ф. В. Чомко, Р. Ф. Чомко // Геологічний журнал, ІГН НАН України, №2. – К. : 2002. – С. 73–80.
13. Чомко Ф. В. Багатовимірний статистичний аналіз в гідрогеології [Текст]: навчальний посібник / Ф. В. Чомко, І. К. Решетов, Д. Ф. Чомко та інші. – К. : Видавничий центр Київ. нац. ун-ту, 2004. – 114 с.

УДК 552.578+553.98

*В.М. Владика, завідувач,

*М.Ю. Нестеренко, д.геол.н., пров.н.с.,

*Р.С. Балацький, м.н.с.,

**Ю.М. Неспляк, гол. геолог,

***О.В. Чебан, к.геол.н., гол. геолог,

*Львівський комплексний науково-дослідний центр (ЛКНДЦ) УкрНДІгазу,

**ТОВ “Горизонти”,

***Львівське відділення ГПУ “Полтавагазвидобування”

МЕТОДИЧНІ ПИТАННЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРИПЛИВІВ ВУГЛЕВОДНІВ НА ПРИКЛАДІ САРМАТСЬКИХ ВІДКЛАДІВ ПЕРЕДКАРПАТСЬКОГО ПРОГИНУ¹

Для порід-колекторів сарматського ярусу (горизонт НД-10) експериментально виявлено, що дія бурового розчину призводить до погіршення фазової газопроникності в 2,1 рази. 10 % розчин оцтової кислоти сприяє підвищенню фазової газопроникності в 1,5 рази. Внаслідок дії реагенту СПК та комплексної дії 10 % розчину соляної кислоти і реагенту СПК фазова газопроникність зростає відповідно в 4,8 та 13 разів.

Ключові слова: порода-колектор, фазова газопроникність, відкрита пористість, залишкове водо насичення.

В.Н. Владика, Н.Ю. Нестеренко, Р.С. Балацький, Ю.М. Неспляк, О.В. Чебан. МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРИТОКОВ УГЛЕВОДОРОДОВ НА ПРИМЕРЕ САРМАТСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ПРЕДКАРПАТСКОГО ПРОГИБА. Для пород-колекторов сарматского яруса (горизонт НД-10) экспериментально обнаружено, что действие бурового раствора приводит к ухудшению фазовой газопроницаемости в 2,1 раза. 10% раствор уксусной кислоты способствует повышению фазовой газопроницаемости в 1,5 раза. Вследствие действия реагента СПК и комплексного действия 10% раствора соляной кислоты и реагента СПК фазовая газопроницаемость возрастает соответственно в 4,8 и 13 раз.

Ключевые слова: порода-колектор, фазовая газопроницаемость, открытая пористость, остаточное водонасыщение.

Методика досліджень

У методичному відношенні роботи виконувались згідно з існуючими нормативними документами [1–3] та рекомендаціями, описаними в працях [4–6]. Дослідження проводилися в умовах, що моделюють пластові на циліндричних зразках довжиною 3 см і діаметром 3 см., вибурених перпендикулярно нашаруванню порід. Величина ефективного тиску залежить від глибини залягання порід і в нашому випадку становила 12 МПа. Літолого-петрографічні дослідження виконувались на основі виготовлення і аналізу шліфів.

Об'єкт досліджень – породи-колектори сарматського ярусу (горизонт НД-10), підняті у вигляді керну в інтервалі 1105-1107,5 м (типовий розріз свердловин в районі Меденицького, Грудівського, Південно-Грабинського, Летнянського, Малогорожанського родовищ північно-західної частини Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину).

Мета статті – провести літолого-петрофізичне вивчення порід і відпрацювати методичні питання щодо інтенсифікації припливів газу для даних геологічних умов залягання покладів.

Фільтраційно-ємнісні властивості порід

Результати визначення фільтраційно-ємнісних параметрів досліджених порід наведені нижче.

Параметри досліджуваних моделей

Для достовірної оцінки дії того чи іншого реагенту, який може застосовуватися у процесі інтенсифікації припливів вуглеводнів із дослідженого кернавого матеріалу були підібрані три моделі з близькими значеннями фільтраційно-ємнісних властивостей і подібною структурою порового простору, яка ідентифікувалася за кривими капілярного тиску.

Модель № 1 (зразок GR-5) мала наступні фільтраційно-ємнісні параметри: абсолютна газопроникність 2,45 мД; ефективна фазова газопроникність при водонасиченні 38%-0,48 мД;