

A.У. АБДУЛЛАЕВ<sup>1</sup>, В.Ф. ОСТАПЕНКО<sup>2</sup>

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ПАРАМЕТРА ФЛЮИДНОГО РЕЖИМА ЗЕМНОЙ КОРЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ НА АЛМАТИНСКОМ ПРОГНОСТИЧЕСКОМ ПОЛИГОНЕ

Жеке параметрлерден (белгілі бір бастаудағы жер асты суларының химиялық және физикалық ерекшеліктерінен) тұратын кешенді параметрлердің көмегімен жер асты суларының қасиетін суреттеу үсінілған. СОС оперативті бағдарламасының әртүрлі режимінде кешенді параметрлерді өндөу кезінде қобіне бастанапқы кезінде анық көрінбей қалған ауыткуларды және катты жер сілкіндерді алдын-алу кезіндегі ауыткуларды анықтау мүмкіндігі көрсетілген.

Предлагается описывать свойства подземных вод с помощью комплексного параметра, составленного из значений отдельных параметров – химических и физических свойств воды характерных для конкретного водопunkта. Показано, что при обработке комплексного параметра в различных режимах программы СОС удается выделять аномальные значения, предшествующие сильным землетрясениям, которые часто не проявляются отчетливо в исходном ряду комплексного параметра.

In work described of characteristic of underground water with the help of complex parameters formed from separate parameters (chemical and physical particularities of water of the concrete source).

Shown that when processing the complex parameter in varied regime of the SOS program manages to extract anomaly, proceeding of strong earthquakes and which often distinctly do not appear in raw data of the complex parameters.

Подземные воды Северного Тянь-Шаня, в том числе района Алматинского прогнозического полигона (АПП), характеризуются целым рядом особенностей, определяемых в основном химическим составом, содержанием ряда специфических элементов, растворенных газов, физическими свойствами. Общее количество параметров, отражающих эти особенности, в нашем случае гидрохимического мониторинга достигает до 30 и более наименований. Естественно предположить, что их значения могут изменяться при изменениях напряженно-деформированного состояния (НДС) горных пород, омыаемых этими водами. Такие изменения, в частности, являются предвестниками возможных землетрясений. Однако далеко не все параметры отзываются на конкретные изменения НДС. В связи с этим обстоятельством весьма насыщенным является использование особого интегрального показателя, в качестве которого нами вводится так называемый комплексный параметр (КП), объединяющий в единое целое отдельные параметры, характеризующие подземные воды конкретного источника (станции). Очевидно, что в такой совокупности параметров вероятность возникновения аномальных вариаций, обусловленных изменениями

НДС горных пород, существенно выше, нежели во временных рядах значений отдельных параметров подземных вод.

На основе многолетних исследований [1,2] нами была разработана и показана высокая прогностическая информативность КП, который представляет собой совокупность измеренных значений всех или основных составляющих ГГХ и ГГД мониторинга той или иной станции, предварительно обработанных по специальной методике. На первом этапе исследований при составлении КП для каждой станции АПП использовался конкретный набор параметров (см. табл. 1).

В дальнейшем, среди используемых параметров были определены наиболее эффективные, из которых составлялись комплексные параметры для исследуемых источников (станций). В нашем случае были выбраны следующие:

1. CO<sub>2</sub>, 2. CO<sub>3</sub>, 3. Cl, 4. Нераств., 5. Неспонт,  
6. K, 7. Na, 8. Rn, 9. SO<sub>4</sub>, 10. H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub>, 11. HCO<sub>3</sub>.

Этот набор параметров использовался при составлении КП для всех исследуемых станций. При этом временные ряды отобранных параметров, имеющих различные размерности, прежде всего, подвергались процедуре стандартизации, в результате чего все отдельные значения ряда

<sup>1,2</sup> Казахстан, 050060, г. Алматы, пр. аль-Фараби, 75. ТОО, Институт сейсмологии.

Таблица 1. Составляющие комплексного параметра подземных вод по некоторым станциям Алматинского прогностического полигона (АПП)

№ п/п	Станции	Алма-Арасан	Чушкалы	Горельник	Калкан	Tay-Tургень
	Параметры					
1	Q	+	+	+	+	+
2	P <sub>скв</sub>	-	+	+	-	-
3	T <sub>вод</sub>	+	+	+	+	+
4	pH	-	+	-	+	-
5	Gf	+	+	+	+	+
6	O <sub>2</sub>	+	+	+	+	-
7	F	-	+	-	+	-
8	Cl	+	+	+	+	+
9	He <sub>en</sub>	+	+	+	+	+
10	He <sub>p</sub>	+	+	+	+	+
11	CO <sub>2</sub>	-	+	+	-	+
12	Ca	+	+	+	+	+
13	K	+	+	+	+	+
14	Na	+	+	+	+	+
15	Mg	-	+	-	+	+
16	CO <sub>3</sub>	+	+	+	-	+
17	SO <sub>4</sub>	+	+	+	+	+
18	H <sub>4</sub> SiO <sub>4</sub>	+	+	-	+	-
19	HCO <sub>3</sub>	-	-	+	+	+

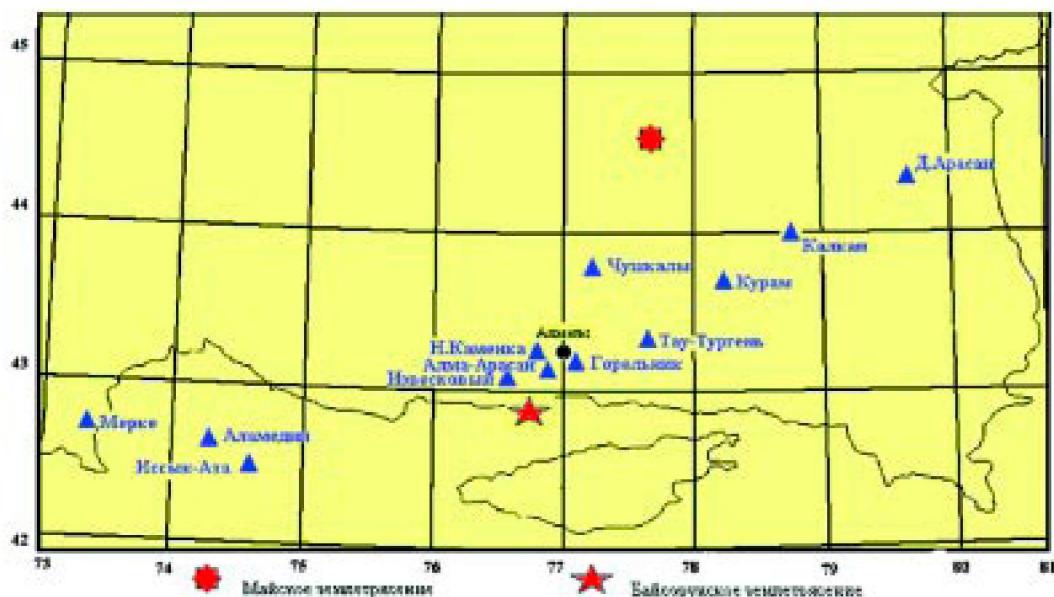


Рис. 1. Схема расположения ГГХ станций на АПП

преобразовывались в безразмерные величины, выраженные в величинах среднеквадратичной погрешности ( $\delta$ ) для данного ряда. Такое преобразование позволяет суммировать временные ряды отдельных параметров в единый комплексный параметр. Однако, значения отдельных величин полученных стандартизованных рядов могут быть как положительными, так и отрицательными, поэтому во избежание взаимной компен-

сации частных составляющих при суммировании временных рядов следует брать абсолютные значения отдельных составляющих. Полученный, таким образом, КП представляет собой ряд, составленный из положительных значений отдельных параметров. Далее этот ряд стандартизируется с целью выявления возможных аномальных значений КП, выходящих за пределы заранее задаваемого доверительного интервала, например,  $\pm 2\delta$ .

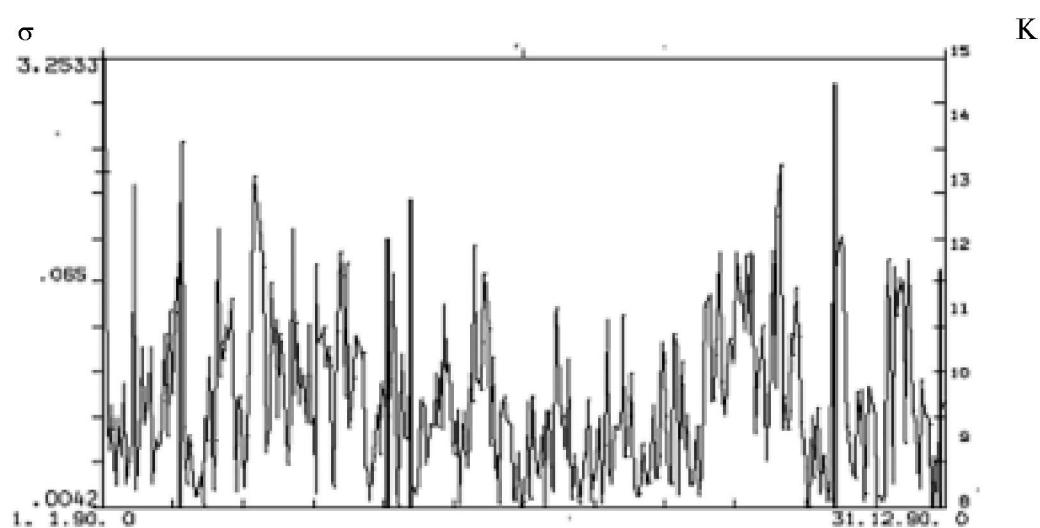


Рис. 2. Исходный ряд КП по ст. Тай-Тургень за 1990 г.

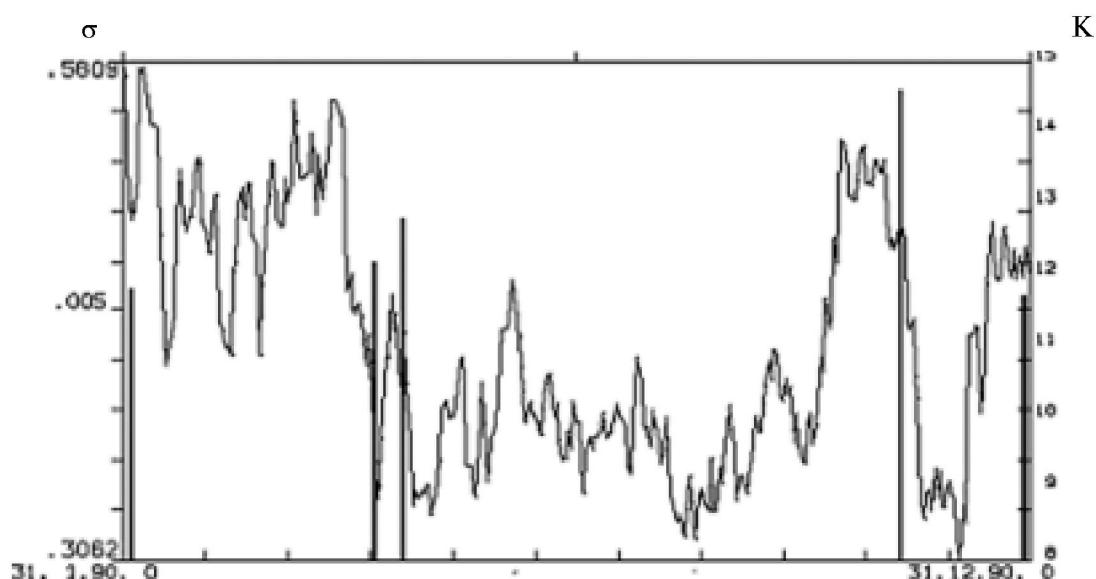


Рис. 3. Длина ряда КП по ст. Тай-Тургень за 1990 г.

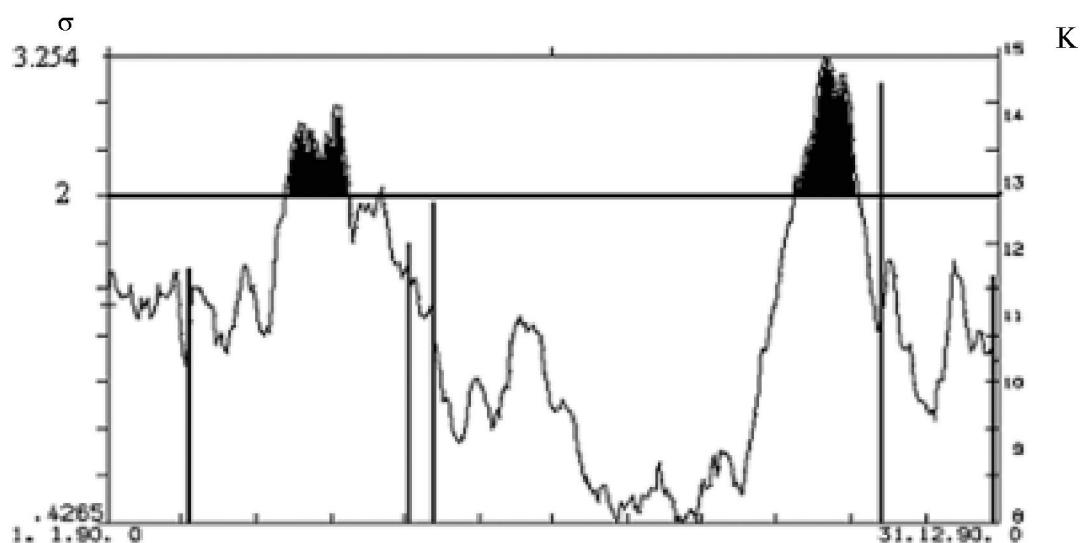


Рис. 4. Низкочастотная фильтрация ряда КП по ст. Тай-Тургень за 1990 г.

Для определения прогностической эффективности АПП были составлены КП по шести ГТХ станциям: Известковая, Алма-Арасан, Горельник, Тау-Тургень, Калкан и Джаркент-Арасан, которые относительно равномерно распределены по площади АПП (см. рис. 1).

Пример временного ряда КП с метками землетрясений (вертикальные жирные линии) показан на рис. 2.

Полученные ряды КП обрабатывались с помощью программы СОС (Система Оперативного Следжения), которая разработана сотрудником Института математики и механики АН РК А.С. Инчиным. В программе предусмотрены различные режимы исследования временных рядов: 1. исходный ряд, 2. длина ряда ( $L$ ), 3. дисперсия ряда ( $D$ ), 4. низкочастотная фильтрация ряда (НФ), 5. количество нуль пересечений (НП) в ряду (см. рис. 2-5).

Используя отдельные режимы программы СОС, имеется возможность обнаруживать во временных рядах аномальные значения, которые в исходном ряду КП могут явно не выделяться. В качестве примера, подтверждающего сказанное, рассмотрим рис. 2 и 4. На рис. 4 (режим «низкочастотная фильтрация») наглядно проявились предвестниковые аномалии, предваряющие Майское и Байсорунское землетрясения энергетических классов  $K=12,8$  и  $14,6$  соответственно. Даные аномалии, превышают доверительный интервал  $2\sigma$ , но мало различимы в исходном ряду (рис. 2), что иллюстрирует эффективность использования программы СОС.

В дальнейшем исследования проводились в более широком масштабе: КП для указанных выше шести станций исследовались за период 2000-2010 годы. При этом были получены результаты, аналогичные предыдущим (см. рис. 6-10),

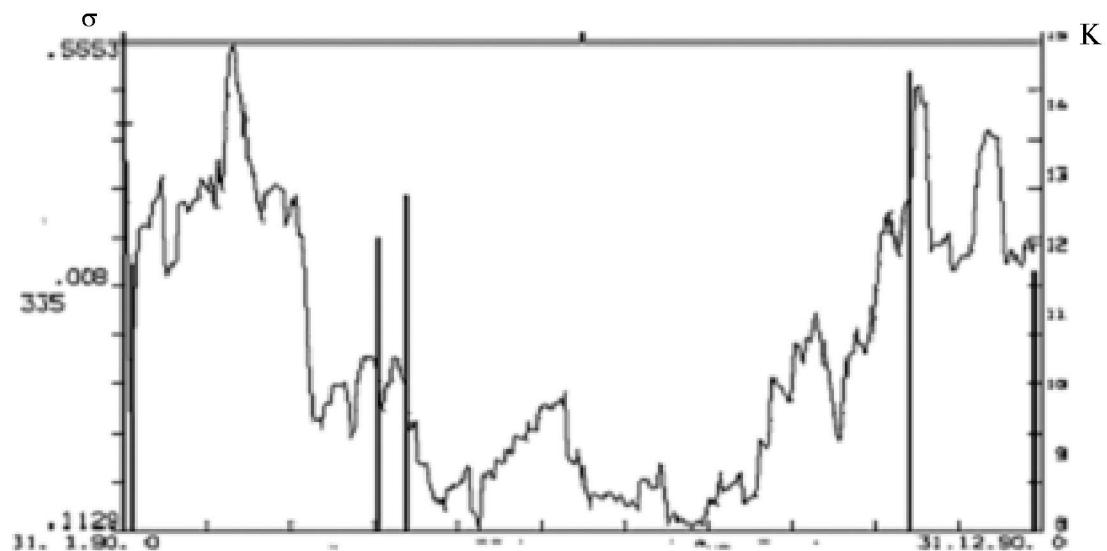


Рис. 5. Дисперсия ряда КП по ст. Тау – Тургень за 1990 г.

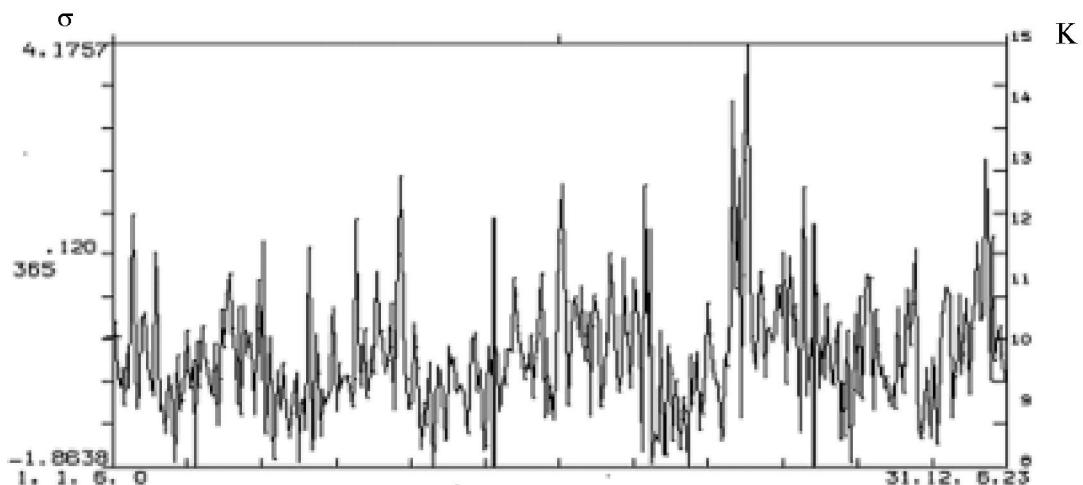


Рис. 6. Исходный ряд КП по станции Калкан за 2006 г.

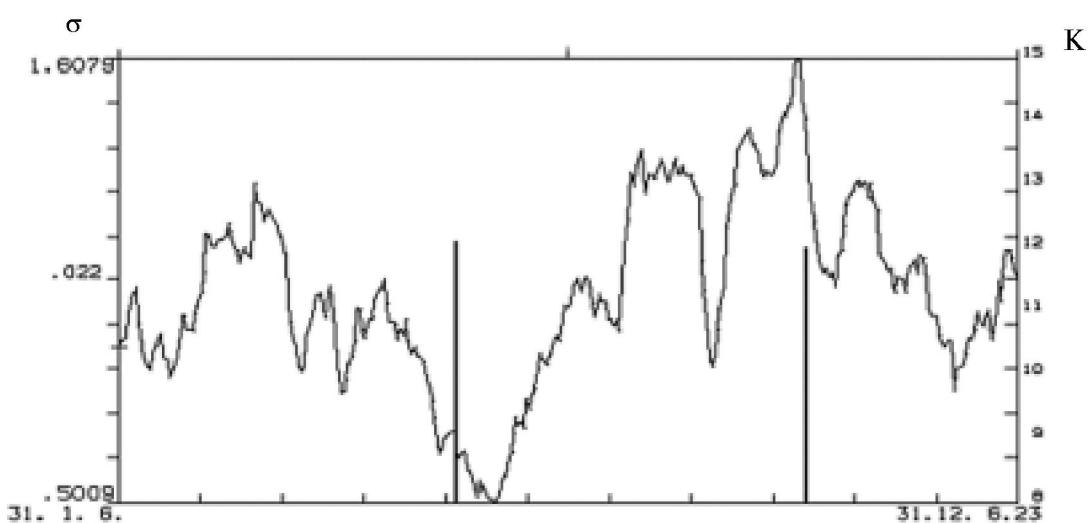


Рис. 7. Ряд КП по станции Калкан за 2006 г., обработанный по программе СОС в режиме «длина ряда» (L)

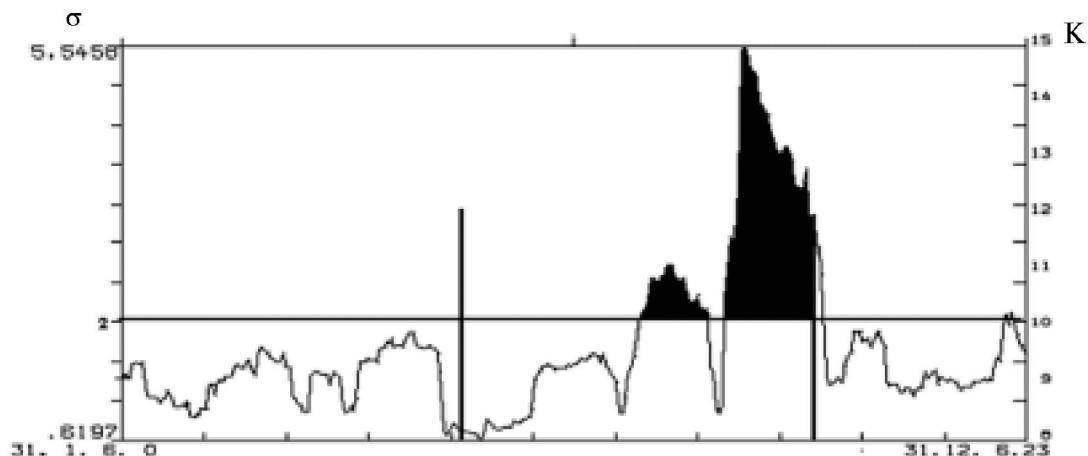


Рис. 8. Ряд КП по станции Калкан за 2006 г., обработанный по программе СОС в режиме «дисперсия» (D)

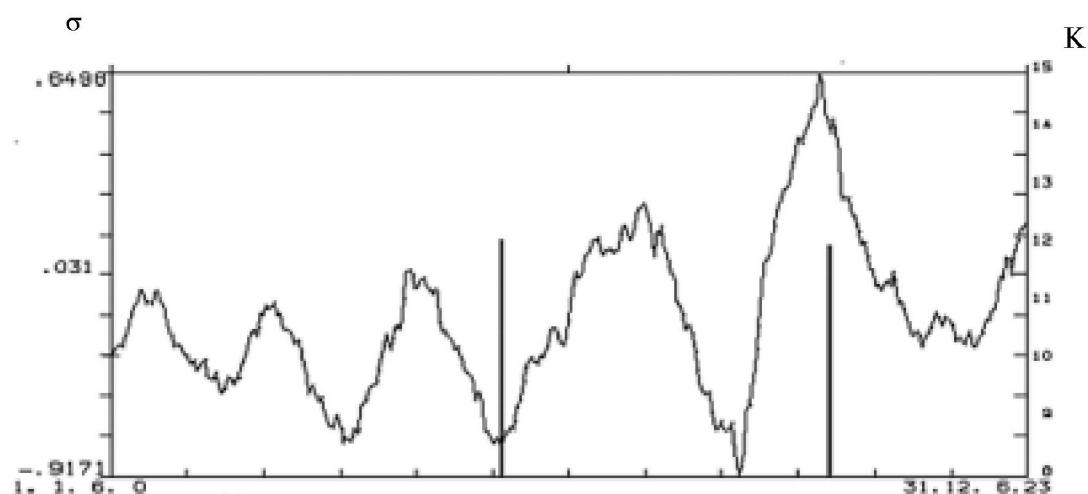


Рис. 9. Ряд КП по станции Калкан за 2006 г., обработанный по программе СОС  
в режиме «низкочастотная фильтрация» (НФ).

Таблица 2. Сопоставление аномалий, выделенных по дисперсии КП флюидного режима по станциям АПП за 2000-2010 годы

Годы Аномалии Станции	2000-2005			2006-2010		
	Всего	Предвест. Эффекты	$K_{\text{сп}}$	Всего	Предвест эффекты	$K_{\text{сп}}$
Известковый	5	2	0,4	4	1	0,25
Алма-Арасан	4	3	0,75	5	4	0,8
Горельник	4	2	0,5	4	5	0,5
Тау-Тургень	4	3	0,75	6	5	0,83
Калкан	5	3	0,6	12	9	0,75
Жаркент-Арасан	6	2	0,33	3	1	0,33

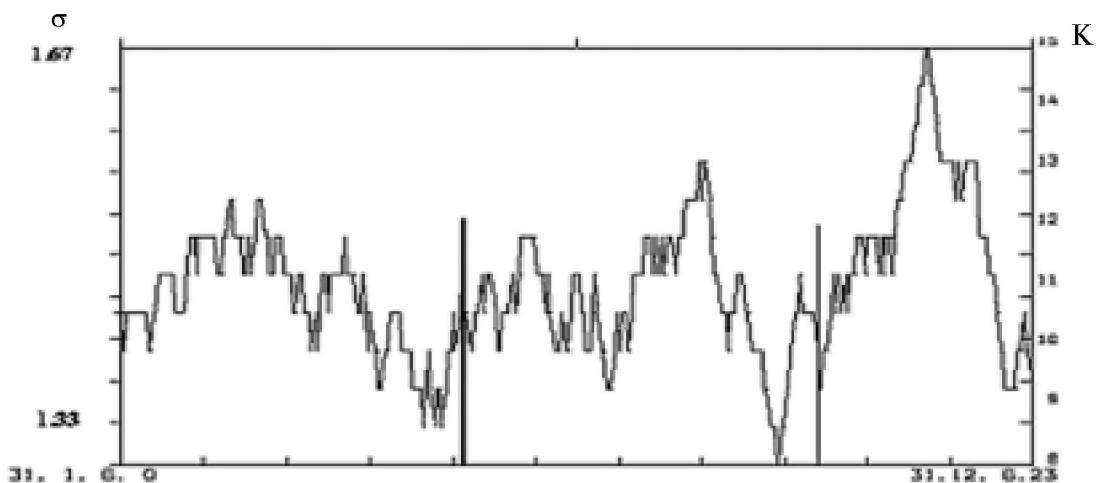


Рис. 10. Ряд КП по станции Калкан за 2006 г., обработанный по программе СОС в режиме «нуль пересечения» (НП)

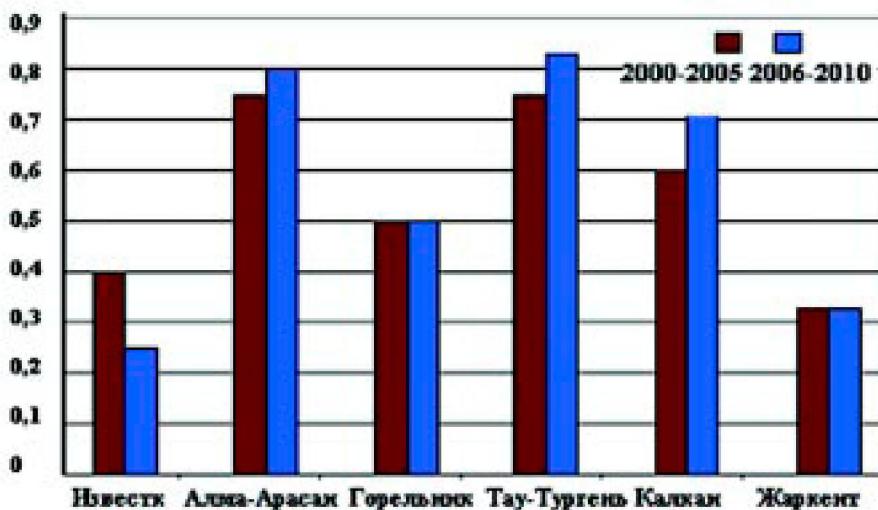


Рис. 11. Гистограммы коэффициентов эффективности комплексного параметра флюидного режима по станциям АПП за 2000-2010 гг.

а именно, с помощью программы СОС в рядах КП удалось выделять четкие предвестниковые аномалии, используя различные режимы программы. В качестве примера приводятся резуль-

таты обработки КП для станции Калкан за 2006 г. В этом случае предвестниковая аномалия, предваряющая землетрясение энергетического класса  $K = 12,0$  от 13 октября 2006 г., проявилась в

режиме «дисперсия ряда». Было установлено, что в зависимости от особенностей КП предвестниковые аномалии могут проявляться при использовании различных режимов программы СОС. Следует отметить, что в результате обработки полученных данных с помощью программы СОС, как оказалось, наиболее часто выделяются предвестниковые аномалии в режиме «дисперсия ряда».

Информативность комплексного параметра оценивалась величиной коэффициента эффективности  $K_{\phi}$ , выражаемого отношением числа предвестниковых аномалий к общему числу аномалий, выявленных за заданный временной интервал. Полученные результаты представлены в табл. 2.

Для наглядности данные таблицы отражены в виде гистограмм, представленных на рис. 11.

Из рис. 11. видно, что наибольшей информативностью обладают комплексные параметры,

характеризующие центральную часть АПП, где  $K_{\phi}$  достигает до 0,7-0,83. Комплексные параметры, относящиеся к станциям «Известковый» (западный фланг АПП) и Жаркент-Арасан (восточный фланг АПП), имеют наименьшие значения коэффициентов эффективности. Причина этого обстоятельства требует дополнительных исследований, которые предполагается выполнить в дальнейшем.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Абдуллаев А.У. Флюидный режим земной коры как отражение современных геодинамических процессов (на примере Тянь-Шаня)// Алматы. 2002. Изд-во “Эверо“. 352 с.

2. Абдуллаев А.У., Есенжигитова Е.Ж., Остапенко В.Ф., Тукешова Г.Е. Гидрогеохимические аномалии сильных землетрясений по данным комплексного мониторинга флюидных параметров на АПП. // Сборник тезисов 7-го Казахстанско-Китайского Международного симпозиума 2-4 июня 2010 г., с. 228-234.