

# LÜHTEATEID \* КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ SHORT COMMUNICATIONS

EESTI NSV TEADUSTE AKADEEMIA TOIMETISED. GEOLOOGIA  
ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК ЭСТОНСКОЙ ССР. ГЕОЛОГИЯ  
PROCEEDINGS OF THE ACADEMY OF SCIENCES OF THE ESTONIAN SSR. GEOLOGY

1988, 37, 4

УДК 556.314+556.388(474.2)

П. ЙЫГАР, Р. ПЕРЕНС

## УПОРЯДОЧЕНИЕ ДАННЫХ ПО ХИМИЧЕСКОМУ СОСТАВУ ПОДЗЕМНЫХ ВОД СЕВЕРНОЙ ЭСТОНИИ (НОВЫЕ СКВАЖИНЫ 1971—1985 ГГ.)

P. JOGAR, R. PERENS. PÕHJA-EESTI PÕHJAVEE KEEMILISE KOOSTISE UURIMINE (1971.—1985. AASTA UUTE PUURAUKUDE ANDMEIL)

P. JOGAR, R. PERENS. INVESTIGATION OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF THE NORTH-ESTONIAN GROUND WATER (NEW BOREHOLES OF 1971—1985)

Настоящее сообщение завершает упорядочение многочисленных данных по определению некоторых характерных изменений в химическом составе подземных вод Северной Эстонии за последнюю четверть века (1960—1985 гг.). Исходные данные представлены несколькими тысячами анализов эксплуатационных скважин из сельской местности (заложенные для водоснабжения ферм, производственных сооружений, хуторов и т. д.) и характеризуют состояние подземных вод коренных пород до глубины 70—100 м. Хотя в них имеются сведения лишь по главным анионам и катионам, они уникальны тем, что описывают поток подземных вод в сравнительно естественном состоянии, так как после воздвижения технических сооружений данные о состоянии подземных вод будут подвержены изменению. Немаловажным является также относительно глубокий (начиная с 15 м от поверхности земли) и короткий интервал вскрытия коренных пород эксплуатационными скважинами.

Такое массовое количество данных в целях региональной оценки состояния вод обработано авторами впервые. Ранее исследовалось 508 скважин Северной Эстонии за период 1958—1972 гг. С помощью специального алгоритма были определены средневзвешенные концентрации основных анионов и катионов подземных вод в пределах пространственно-временных групп скважин (Йыгар, 1985). Этот метод применим также для определения средних химических составов подземных вод различных глубин в пределах интервалов вскрытия коренных пород скважинами.

В настоящем сообщении первую группу обрабатываемых данных составляют анализы из 231 эксплуатационной скважины (табл. 1, рисунок). Данные как предыдущей, так и настоящей статьи позволяют наблюдать за ходом изменений каждого аниона или катиона в отдельности. Кроме того, из-за недостаточной полноты анализов при выявлении общей оценки состояния подземных вод, нами использован такой показатель, как сумма ионов ( $\Sigma$  ионов), коррелирующий с сухим остатком ( $r=0,83$ ).

Вторую группу данных составляют анализы из скважин, пробуренных в ходе геолого-гидрогеологического картирования в целях мелиорации в 1971—1985 гг., а также в ходе детальной разведки по водоснабжению городов и крупных поселков. Эти данные о химическом составе подземных вод (анализы выполнены лабораторией Управления геологии ЭССР) обобщены Р. Перенсом в четырех рукописных отчетах о гидрогеологической и инженерно-геологической съемках в целях мелиорации

Таблица 1

## Изменение средних концентраций основных ионов подземных вод Северной Эстонии с глубиной и во времени (по данным эксплуатационных скважин)

№ группы скважин на рисунке	Период	3	4	5	Средневзвешенная концентрация ионов (мг/л) на глубине до 30 м						Минерализация ( $\Sigma$ ионов) с учетом Na+K, мг/л				Сравнение и оценка состояния минерализации (М)*		
					Количество скважин	Глубина начала пер- вого интервала, м	Сухой остаток, г/л	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Na+K (лаборат.)	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	O <sub>2</sub>		Общая жесткость (расчетная, мг/экв)	Интервал I, до 30 м
1	1976—1977	7	9,5	0,321	13,9	53,3	315,5	70,3	30,2	2,1	6,0	483,3					Слабые колеба- ния М (1960—1974) Значительное повышение М (1975—1983)
	1978—1979	6	24,8	0,371	19,7	46,7	346,2	72,2	21,8	3,2	5,4	552,9	555,0				
	1981—1983	6	18,7	0,373	23,5	40,4	359,7	57,5	28,1	3,3	5,2	565,9	516,4				
5	1975—1979	6	9,0	0,347	20,2	42,3	308,9	75,4	36,8	2,3	7,7	490,0	526,1				Сильные колеба- ния М за весь период наблюде- ний (1960—1984)
	1980—1981	6	8,5	0,338	14,1	31,5	331,1	116,4	6,0	3,2	6,3	504,7	470,0				
	1973—1976	5	17,0	0,312	27,2	36,2	272,5	63,1	21,7	2,1	4,9	448,0	441,6				
2	1979—1981	6	16,6	0,335	21,0	15,9	351,9	50,0	32,1	1,6	5,1	511,1	455,1				Значительное повышение М (1975—1983)
	1982—1984	6	14,0	0,252	20,9	8,2	238,3	52,4	26,9	2,1	4,8	368,1	441,6				
	1976—1979	15	17,6	0,307	12,7	26,1	320,5	67,9	23,1	3,1	5,3	473,0	438,1				
6	1981—1982	15	14,3	0,335	19,8	33,1	334,5	73,0	26,2	2,2	5,8	508,1	488,8				Значительное повышение М (1975—1983)
	1984—1985	9	20,9	0,284	18,0	20,5	299,6	51,7	25,4	2,0	4,7	440,5	415,0				
	1976—1979	15	17,6	0,307	12,7	26,1	320,5	67,9	23,1	3,1	5,3	473,0	438,1				
3	1976—1978	6	12,7	0,311	21,5	10,2	350,5	88,5	17,5	1,5	5,8	507,3	550,9				Значительное повышение М (1976—1981)
	1980—1981	10	17,2	0,373	14,3	28,7	393,9	82,2	24,4	2,5	6,1	578,5	460,5				
4	1976—1979	8	18,1	0,254	15,7	45,5	267,0	61,8	24,4	2,8	5,1	432,2	407,6				Значительное повышение М (1976—1981)
	1981—1985	11	17,8	0,308	27,8	29,0	288,7	61,8	41,0	5,8	5,1	472,4	434,8				
7	1972—1975	7	20,4	0,367	31,8	49,4	333,6	70,0	35,0	4,4	6,4	564,4	544,8				Значительное повышение М (1960—1975)
	1977—1980	8	18,1	0,349	18,3	28,4	339,5	56,6	41,6	1,7	6,2	477,3	497,2				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
8	1974—1977 1978—1981	10 9	16,4 14,4	0,367 0,355	22,7 18,1	33,5 23,4	344,7 371,3	80,4 77,8	34,5 34,1	2,1 2,8	6,8 6,7	520,2 536,0	541,2 559,2	532,2 498,8	521,6	Стабильная М (1960—1981)	
Северо-Восточная Эстония (Пандиверская возвышенность)																	
9	1977—1979 1980—1985	12 7	17,7 19,0	0,300 0,341	20,6 17,0	24,2 26,6	306,4 311,1	78,4 72,0	13,8 26,8	3,7 2,2	5,1 5,8	471,0	422,4 462,8	479,3 468,9	496,4	Стабильная М (1960—1985)	
10	1981—1983	7	14,6	0,321	27,2	10,9	347,4	16,0	49,6	43,1	2,4	6,0	494,4			Равномерное по- вышенне М (1960—1981)	
11	1984—1985	6	23,6	0,344	25,7	30,5	318,0	13,0	70,5	41,0	3,1	5,7	498,6	494,9	485,9	Стабильная М (1967—1985)	
12	1978—1980	6	20,2	0,408	32,0	29,6	401,2	85,4	28,7	2,5	6,7	615,1	607,1	571,0		} Резкое повыше- ние М в центрах АПК (1974—1983)	
13	1974—1977	13	19,6	0,327	15,6	36,7	355,5	66,9	27,0	1,5	6,7	539,7	444,7	474,9	488,9		
14	1980—1983	9	16,2	0,344	20,9	29,4	354,4	84,3	26,9	1,5	6,3	530,5	504,4	447,2			
15	1982—1984	10	15,7	0,346	10,4	17,9	397,1	1,8	71,3	43,1	3,7	7,1	541,6	492,0	556,9	535,7	Стабильная М (1960—1984)
16	1975—1977	5	19,2	0,350	22,2	31,9	365,2	84,2	21,2	2,3	5,9	524,8				Стабильная М (1960—1977)	

\* Сравнение с данными статьи (Йыгар, 1985).

**Средние концентрации основных ионов подземных вод Северной Эстонии по**

№ группы скважин на рисунке	Период	Количество скважин	Глубина интервала	Сухой остаток, г/л	Средневзвешенная концентрация и характер				
					Cl'	SO'' <sub>4</sub>	HCO' <sub>3</sub>	NO' <sub>3</sub> в интервалах глубин	NO'' <sub>2</sub> в интервалах глубин
<b>Северо-Западная Эстония</b>									
17	1971—1972	41	7,6—30	0,347	11,3	17,2	336,0	2,52 (I)	0,36 (I)
			30—45	0,332	14,3	18,4	319,8	3,0 (II)	0,30 (II)
			45—60	0,334	12,5	24,6	320,2	4,1 (III)	0,03 (III)
			60—90	0,343	13,5	28,9	325,0		0,03 (IV)
18	1971—1972	35	7,6—30	0,342	10,5	11,3	364,1	1,35 (I)	0,1 (I)
			30—45	0,336	11,5	13,0	350,8	1,1 (II)	0,06 (II)
			45—60	0,338	11,4	11,2	344,2	1,9 (III)	0,04 (III)
			60—90	0,327	11,9	12,3	329,1	1,6 (IV)	0,05 (IV)
19	1971	17	6,6—30	0,345	11,6	20,3	343,1	3,4/5,51/2,9/0,6	0,3/0,3/0,4/0,3
20	1981—1982	14	7,2—30	0,364	14,1	19,4	345,5	3,7/1,3/2,0/1,9	0,05 (I—IV)
21	1981—1982	18	7,0—30	0,364	15,5	31,2	348,7	0,5 (I—III)	0,1 (I—III)/0,01
<b>Северо-Восточная Эстония (Пандиверская)</b>									
22	1981	10	6,2—30	0,322	12,4	30,2	291,5	5,3/5,5/8,4/8,1	0,05/0,14/0,2/0,25
23	1977	16	9,0—30	0,342	16,4	37,9	264,0	14,5/16,6/15,9	0,13/0,25/0,08
24	1974—1977	14	9,3—30	0,367	18,2	37,2	305,8	7,8/4,3/3,3	3,9/4,0/7,3
25	1973—1974	15	6,4—30	0,349	10,5	26,4	350,4	1,8/1,4/2,5/3,1	0,003 (I—III)
26	1975—1977	17	8,3—30	0,337	15,5	29,3	290,3	6,1 (I)	0,6 (I)
			30—45	0,326	15,1	30,3	265,9	11,4 (II)	0,65 (II)
			45—60	0,329	16,2	29,3	259,0	12,3 (III)	1,4 (III)
27	1976	12	8,6—30	0,320	16,9	14,1	265,1	24,6/19,0/19,0	0,1/0,08/0,09
28	1977	13	9,6—30	0,295	11,0	22,4	257,5	7,0/7,4/7,8	0,03/0,05/0,05
29	1974—1975	25	5,5—30	0,343	16,6	35,0	301,5	6,9/3,5/4,5	2,1/2,2/2,2
30	1975—1976	13	12,8—30	0,320	13,9	22,9	282,3	10,4/9,9—	0,01
31	1983—1985	21	8,7—30	0,347	13,9	20,7	336,9	4,6 (I)	0,004 (I)
			30—45	0,345	13,3	19,1	338,7	5,05 (II)	0,005 (II)
			45—60	0,335	13,2	22,1	325,8	2,6 (III)	0,006 (III)
			60—100	0,337	14,2	24,9	319,0	1,8 (IV)	0,008 (IV)
32	1975—1976	15	11,4—30	0,344	13,0	29,4	286,3	6,0/4,9	0,06 (I—II)
33	1981—1982	22	6,6—30	0,395	18,1	35,1	362,1	7,2 (I)	0,014 (I)
			30—45	0,389	17,8	34,7	358,7	6,6 (II)	0,015 (II)
			45—60	0,388	16,7	35,2	360,1	5,6 (III)	0,018 (III)
34	1984—1985	14	5,2—30	0,358	13,8	27,5	326,9	4,3/5,8/4,2/3,6	0,05/0,01
35	1984—1985	12	10,9—30	0,371	15,9	32,0	342,1	4,0/1,9/1,0/0,9	0,07/0,04/0,04/0,06

(объекты Тапа—Виру—Роэла, Вяйке-Маарья, Ярва-Яани и участок Тюри—Вяндра). Познаваемая область принадлежит к центральной части Северной Эстонии (Раквереский, Йыгеваский, Пайдеский, Раплаский и частично Харьюсский районы). Расположенные на этой территории 344 скважины разделены на 19 временно-пространственных групп (рисунок). Эти анализы представлены более богатым набором анализируемых компонентов, в том числе показателями содержания нитратов и ионов из более глубоких интервалов. Табличные данные наиболее многочисленных групп скважин этого типа могут служить показателями фонового содержания химических компонентов (в том числе нитратов) подземных вод 70-х годов.

При оценке результатов проведенной работы следует отметить, что мы имеем дело не со специально в исследовательских целях заложённой сетью эксплуатационных скважин. Поэтому лимитирующие факторы, такие, как густота сети эксплуатационных и картировочных скважин, а также недостаточная полнота анализов, предопределяют выбор метода при рассмотрении и обсуждении закономерностей лишь регионального характера. В настоящей работе найдет подтверждение характер измене-

данным картировочных гидрогеологических скважин 1971—1985 гг.

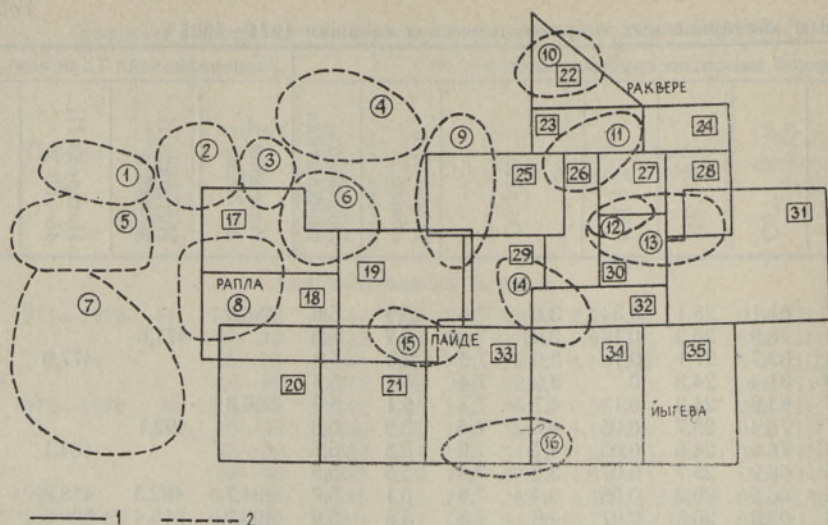
изменений ионов по глубине, мг/л								Минерализация ( $\Sigma$ ионов), мг/л			
Na + K	Ca	Mg	NH <sub>4</sub>	О <sub>2</sub> , рН	Жесткость общая, мг-экв	Жесткость карбонатная	Интервал I, до 30 м	Интервал II, 30—45 м	Интервал III, 45—60 м	Интервал IV, >60 м	
12,7	81,1	28,1	0,34	3,6	7,4	5,9	5,6	486,4			
13,9	78,9	26,2	0,17	3,4	7,6	5,7	5,3		471,6		
9,9	82,7	27,1	0,1	3,0	7,6	5,9	5,3			477,0	
11,0	81,4	24,3	0	2,2	7,4	6,1	5,3			484,2	
12,8	83,9	24,2	0,1	4,7	7,3	6,1	5,9	506,8			
14,7	76,4	25,7	0,05	4,5	7,6	5,9	5,8		492,1		
14,8	78,0	24,5	0,05	4,7	7,6	5,8	5,7			484,1	
19,5	68,2	25,7	0,07	3,3	7,6	5,5	5,5			466,8	
14,5	66,0	29,2	0,05	3,4	7,6	6,1	5,7	484,7	482,3	478,2	
24,3	69,3	26,5	0,97	4,8	7,8	5,8	5,6	499,0	516,4	509,8	
21,1	74,9	26,8	0,25	3,8	7,5	5,9	5,5	518,1	508,3	499,0	
возвышенность и Вооремаа)											
9,9	82,3	15,9	0,73	5,8	7,6	5,5	4,9	442,2	525,4	525,5	
8,7	84,5	18,2	0,28	1,5	8,0	5,5	4,4	429,7	480,7	467,1	
14,4	87,2	20,3	0,08	1,9	7,7	5,5	4,5	483,2	448,9	455,4	
7,0	94,9	19,1	0,25	3,2	7,4	6,3	5,8	508,3	502,0	473,1	
6,9	81,9	28,0	0,04	2,1	7,9	6,0	5,0	452,0		482,2	
8,4	77,4	46,4	0,07	1,4	7,9	5,7	4,7		443,5		
7,1	75,4	32,7	0,08	1,2	7,9	5,6	4,5			413,0	
6,6	62,8	28,1	0,15	0,9	8,2	5,6	4,6	393,7	388,6	395,3	
5,6	60,9	20,6	0,11	2,5	8,1	5,0	4,4	378,0	390,7	381,4	
9,9	80,4	24,1	0,09	2,0	7,7	6,1	5,2	467,4	478,6	528,1	
8,5	76,1	21,1	0,09	2,4	8,1	5,6	4,9	424,8	436,3		
8,8	77,8	26,3	0,2	2,3	7,7	6,0	5,6	484,3			
8,4	78,4	25,5	0,2	2,2	7,7	6,0	5,6		483,4		
8,1	74,3	26,7	0,17	2,1	7,7	5,9	5,6			470,2	
7,7	75,8	25,4	0,17	2,1	7,8	5,9	5,5			467,0	
7,8	79,9	23,8	0,06	2,9	8,1	6,0	5,1	440,2	417,3		
12,2	94,2	27,1	0,22	3,3	7,5	6,9	6,1	548,9			
13,1	92,2	27,1	0,22	3,6	7,6	6,8	6,1		543,0		
13,2	92,9	26,5	0,25	3,7	7,5	6,7	6,0			544,6	
7,7	75,6	28,6	0,46	3,3	7,8	6,1	5,5	480,0	472,1	472,2	
10,6	80,3	27,1	0,6	1,7	7,3	6,2	5,6	508,0	473,7	465,0	

ния минерализации под влиянием техногенной (сельскохозяйственной) нагрузки.

В нескольких подрайонах Северной Эстонии (табл. 1) минерализация подземных вод за последние 20—25 лет постепенно или резко увеличилась, оставаясь в то же время в некоторых местах относительно постоянной. При этом в ряде мест наблюдается вполне закономерное уменьшение минерализации с глубиной, которое связано с уменьшением техногенного влияния на более глубокие водоносные слои подземных вод.

Особо следует относиться к результатам обработки данных картировочных скважин. На наш взгляд, анализы из этих скважин представляют относительно незагрязненную воду, так как эти скважины расположены вдали от деревень и центральных усадеб совхозов и колхозов, но тем не менее, находятся на территориях сельскохозяйственных угодий. Различия в минерализации подземных вод смежных групп Пандиверской возвышенности могут служить подтверждением наличия некоторой техногенной зональности.

При оценке табличных данных следует учесть, что они отражают лишь главные природные гидрогеологические факторы, способные про-



Расположение расчетных площадей. Временно-пространственные группы эксплуатационных (1) и картировочных (2) скважин.

тиводействовать техногенному влиянию, так как стабилизируют минерализацию подземных вод во времени и с глубиной. К этим факторам относятся зоны напорных вод на западном, юго-западном и южном подножиях Пандивереской возвышенности (стабильная минерализация подземных вод во времени на квадратной площади 25). На территории южнее Пандивереской возвышенности (рисунок: Вооремаа, квадраты 34, 35), где мощность четвертичного покрова значительнее, величина минерализации со временем и глубиной не изменялась. Наиболее стабилизирующим действием, на наш взгляд, обладают зоны тектонических нарушений. В квадратах 20 и 29 эти зоны не только стабилизируют минерализацию подземных вод во времени, но и влияют на повышение минерализации с глубиной (за счет напорных вод).

На северном подножии Пандивереской возвышенности тектонические нарушения в сочетании с погребенными долинами имеют аналогичный характер (квадраты 22, 23). В центральной части возвышенности, где распространена обширная площадь инфильтрации, тектонические нарушения и глубинный карст способствуют стабилизации минерализации подземных вод в глубине (квадраты 27, 28 и 30). Следует отметить, что мелкие ландшафтные и геоморфологические элементы на средние химические составы подземных вод влияния не оказывают, тем более, что рассматриваются составы более глубоких (транзитных) потоков подземных вод.

Настоящим сообщением завершается упорядочение данных по химическому составу более тысячи скважин, химические анализы которых доступны теперь исследователям в концентрированном виде. Приведенные в таблицах данные могут быть использованы при составлении балансов растворенных в подземных водах веществ при уточнении роли некоторых природных и техногенных факторов.

#### ЛИТЕРАТУРА

Пыгар П. Исследование влияния природных и техногенных факторов на состав подземных вод Северной Эстонии. — Изв. АН ЭССР. Геол., 1985, 34, № 4, 148—156.

Институт геологии  
Академии наук Эстонской ССР  
Эстонское производственное объединение  
по геолого-разведочным работам

Поступила в редакцию  
28/XII 1987