

Айно ПИЛЛЬ

УРОВЕННЫЙ РЕЖИМ И МИНЕРАЛИЗАЦИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД НА МОРСКОМ БЕРЕГУ КУРОРТА ПЯРНУ

Уровень и химический состав грунтовых вод зависят, как известно, в основном от метеорологических условий, а на морском берегу подвержены еще и влиянию моря. Для установления дальности влияния и выявления закономерности воздействия морской воды на режим грунтовых вод нами были проведены режимные наблюдения в естественных условиях на берегу Пярнуского залива в районе курорта Пярну. Здесь у западной границы города, где падение рельефа равно примерно 1,5 м на 1 км, в прибрежно-морских песках было пробурено пять скважин глубиной от 3 до 3,5 м по профилю, перпендикулярному к средней береговой линии (рис. 1). Уровень воды в скважинах замерялся начиная с июня 1966 г. до конца 1968 г. десять раз в месяц, кроме зимнего сезона, когда вода в скважинах замерзала. Пробы воды для химических анализов отбирались раз в месяц в течение 1967 г. регулярно, в 1966 и 1968 гг. эпизодически.

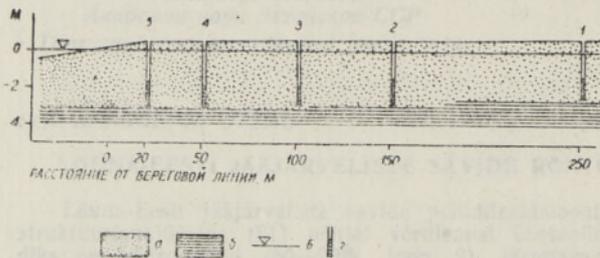


Рис. 1. Местоположение наблюдательных скважин. Обозначения: а — пески, б — ленточные глины, в — уровень моря, г — скважины, рабочая часть заштрихована.

Уровеньный режим грунтовых вод на исследованном профиле характеризуется двумя максимумами — весной и осенью и двумя минимумами — летом и зимой. Кривые годового хода в общих чертах повторяют друг друга (рис. 2). За нулевую отметку уровня грунтовых вод принята высота воды в скв. 5 18/Х 1966 г., которая совпала с нулевым уровнем моря на гидрометеорологической станции Пярну. Определенный относительно нулевой отметки средний годовой уровень в 1967 г. составил 0,17—0,19 м и в 1968 г. — соответственно 0—0,05 м.

Под влиянием весеннего таяния снегов уровень грунтовых вод в скважинах поднимался и достигал максимума к концу марта — началу апреля. В 1967 г. вода в скважинах на различных расстояниях от береговой линии поднялась на 0,47—0,51 м выше среднего годового уровня. Пройдя через максимум, который длился 3 недели, уровень грунтовых вод скачкообразно понизился.

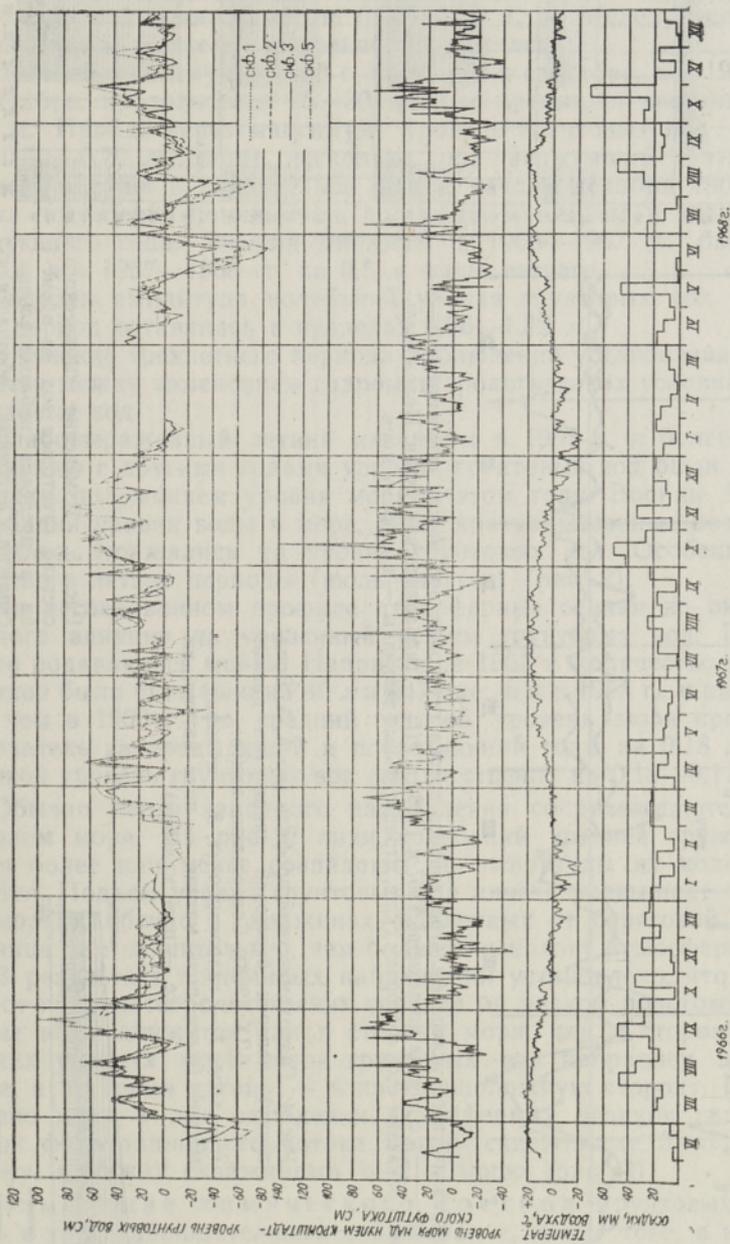


Рис. 2. Колебание уровня грунтовых вод в наблюдательных скважинах. Гидрометеорологические данные получены с гидрометеорологической станции Пярну.

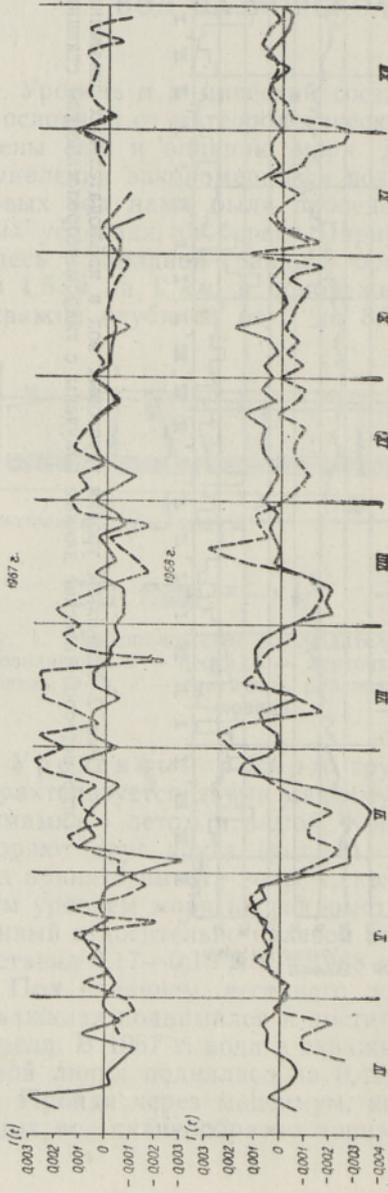


Рис. 3. Изменение гидравлического уклона фильтрационного потока грунтовых вод между скважинами 1—2 (---) и 3—5 (—) с апреля по декабрь 1967 и 1968 гг. $J(t)$ — гидравлический уклон. Положительные величины означают сток в сторону суши, отрицательные величины — в сторону моря.

Рис. 4. Гидрохимический профиль (по А. А. Бродскому) поперек береговой линии (по данным 6/IX 1968). Содержание ионов: 1 — хлор; 2 — гидрокарбонат, 3 — сульфат, 4 — магний (выше поля магния — поле натрия, ниже — поле кальция).

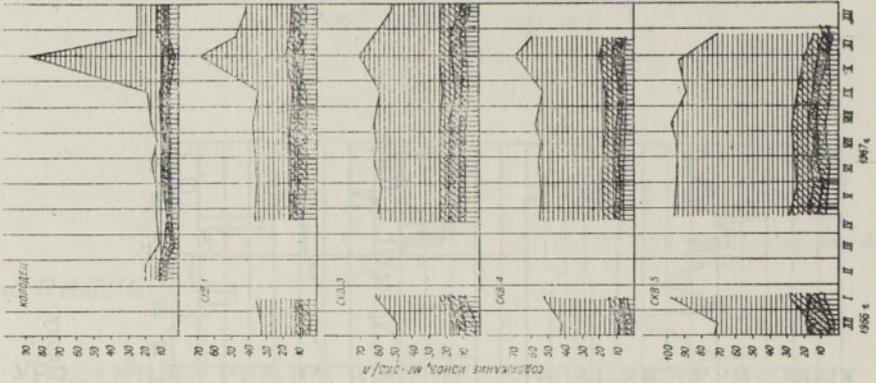
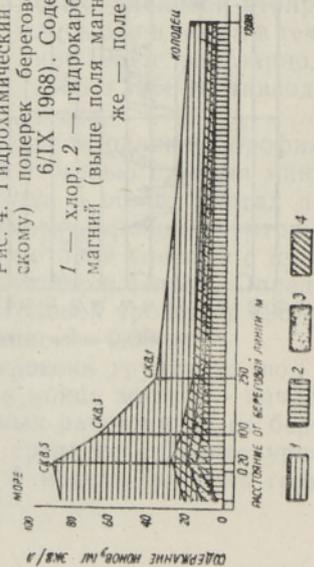


Рис. 5. Изменение химического состава грунтовых вод во времени в пределах наблюдательных скважин. Условные обозначения см. рис. 4.

Летний минимум в 1966 и 1968 гг. наступил в июне, длился примерно две—три недели и был на 0,68—0,75 м ниже среднего годового уровня. В 1967 г. ясновыраженного летнего минимума грунтовых вод не отмечалось; самый низкий уровень воды в июне оказался на 0,39—0,47 м ниже среднего. В различные годы в июле или августе уровень грунтовых вод поднимался на 0,60—0,80 м, но в следующем месяце он снова падал, а затем постепенно поднимался.

Осенний максимум в 1966 г. наступил в сентябре, а в 1967 и 1968 гг. в октябре, продолжался 25—30 дней и превышал весенний на 0,20—0,30 м. Пройдя через максимум, уровень грунтовых вод резко падал на 0,60—0,70 м, затем несколько раз испытывал кратковременный подъем и лишь в ноябре 1966 г. и в начале декабря 1967 и 1968 гг. начал постепенно понижаться, достигнув минимума в январе—феврале следующего года. Зимний минимум в 1966—1967 гг. был на 0,22—0,46 м, а в 1967—1968 гг. на 0,5 м выше летнего.

Годовая амплитуда колебаний уровня грунтовых вод в наблюдаемый период оставалась в пределах 0,96—1,32 м.

В течение трехлетнего периода наблюдений установлена явная зависимость между изменением гидрометеорологических условий и режимом грунтовых вод.

Слабовыраженный летний максимум в 1967 г. и более высокий по сравнению с другими годами уровень грунтовых вод были обусловлены высоким положением уровня моря в этом году. Вообще все сезонные колебания уровня воды в море, даже кратковременные подъемы и спады, явно отражались на уровне грунтовых вод. Особенно это было заметно в летние периоды (июль—август) (рис. 2).

На исследованном профиле атмосферные осадки не оказывали заметного влияния на уровеньный режим грунтовых вод. Роль их как будто подавлялась морем. Например, в 1967 г. количество атмосферных осадков было примерно на 40 мм больше, чем в 1968 г., и на 40 мм меньше, чем в 1966 г., но средний годовой уровень моря превышал этот показатель за предыдущий и последующий годы на 0,18 м, а средний годовой уровень грунтовых вод соответственно на 0,12—0,17 м.

Обычно ветры западного направления сопровождаются дождем и нагоном моря. На рис. 2 пики колебаний уровней грунтовых вод и моря более или менее совпадают, но амплитуды их колебаний отличаются. Подъем уровня грунтовых вод иногда превышает подъем уровня моря, особенно в скважинах, удаленных от береговой линии моря; разница тем значительнее, чем больше выпадает атмосферных осадков.

В результате постоянных наблюдений установлено, что в зависимости от гидрометеорологических условий на низком пологом берегу грунтовые воды движутся или в сторону моря, или в сторону суши. При низких уровнях моря поток грунтовых вод направлен в основном в море, а во время нагона — в противоположную сторону. При высоком уровне моря и при выпадении атмосферных осадков гидравлический уклон фильтрационного потока между скважинами 3—5 направлен к берегу, а между скважинами 1—2 к морю (рис. 3).

Изменение химического состава грунтовых вод изучалось в трех наблюдательных скважинах и, кроме того, в колодеце, расположенном на этом же профиле примерно на расстоянии 1200 м от береговой линии.

Грунтовые воды, распространенные на территории Эстонии, имеют обыкновенно минерализацию 0,3—0,5 г/л и по своему химическому составу относятся главным образом к гидрокарбонатному магниевому типу (Верте, 1965; Каризе, 1966).

Химический состав грунтовых вод курорта Пярну

| Наблюдательный пункт и его расстояние от средней береговой линии | Кол-чество анализов | Содержание основных компонентов, мг/л | | | | | | | Формула химического состава воды |
|--|---------------------|---------------------------------------|--------------------|------------------------|-------------------|--------------------|------------------------|-------------|--|
| | | Анионы | | | Катионы | | | | |
| | | HCO ₃ ' | SO ₄ '' | Cl' | Ca'' | Mg'' | Na'+K' | | |
| Колодец 1200 м | 10 | 165—479 410—500 | 104—170 130—145 | 189—294 250—270 | 92—157 100—130 | 36—70 45—60 | 95—207 150—200 | M 0,71—1,17 | Cl 37—46 HCO ₃ 23—42 Na+K 31—53 Ca 28—38 Mg 18—29 |
| Скв. 1 250 м | 16 | 402—707 600—700 | 45—146 90—130 | 769—993 800—900 | 42—127 70—127 | 61—133 80—120 | 502—725 500—560 | M 1,83—2,08 | Cl 61—75 HCO ₃ 20—32 Na+K 37—73 Mg 20—26 |
| Скв. 3 100 м | 16 | 314—738 570—730 | 204—327 204—327 | 1265—1624 1500—1550 | 55—175 130—170 | 134—184 170—185 | 788—1061 830—950 | M 2,5—3,5 | Cl 55—91 (HCO ₃ 20—30) Na+K 57—67 Mg 21—29 |
| Скв. 4 50 м | 16 | 237—506 350—460 | 33—194 100—170 | 1335—1732 1500—1600 | 25—130 50—110 | 95—169 130—160 | 808—1046 900—950 | M 2,4—3,4 | Cl 79—89 Na+K 63—77 Mg 20—24 |
| Скв. 5 20 м | 14 | 347—896 350—400 | 115—299 170—220 | 2179—2872 2700—2800 | 66—182 120—160 | 168—280 235—255 | 1291—1705 1500—1700 | M 4,0—5,7 | Cl 60—88 Na+K 61—75 Mg 21—27 |
| Пярнуский залив | 4 | 122—183 | 380—411 | 2637—2972 | 77—87 | 185—234 | 1521—1684 | M 5,0—5,4 | Cl 87—89 Na+K 77 Mg 18 |

Примечание. В числителе приведены минимальные и максимальные содержания ионов, в знаменателе — наиболее распространенные содержания ионов.

На берегу моря в наблюдательных скважинах под влиянием морской воды грунтовая вода была хлоридная магниевно-натриевая, а на расстоянии 200 м от береговой линии переходила в гидрокарбонатно-хлоридную магниевно-натриевую. Иногда в период максимального уровня грунтовых вод отмечалось увеличение содержания в ней гидрокарбонатов уже на расстоянии 100 м от береговой линии. Вода в наблюдаемом колодце была гидрокарбонатно-хлоридная магниевно-натриево-кальциевая или магниевно-кальциевно-натриевая.

Минерализация воды постепенно уменьшалась по профилю от моря к суше от 4,0—5,7 г/л в скв. 5 до 1,83—2,08 г/л в скв. 1 и 0,71—1,17 г/л в колодце (таблица).

Грунтовые воды в скв. 5 во время нагонов находились в непосредственном контакте с морской водой. Вследствие этого минерализация грунтовых вод в скв. 5 и морской воды была почти одинаковой, а гидрохимический тип сходным, только абсолютное количество основных компонентов различалось — в грунтовых водах было больше гидрокарбоната и меньше хлора и натрия (рис. 4).

С удалением от моря количество хлора и натрия в грунтовых водах уменьшалось, причем особенно резко на протяжении первых 200 м от средней береговой линии (рис. 4). Так, содержание хлор-иона уменьшилось в среднем от 2700 (скв. 5) до 800 мг/л (скв. 1), т. е. примерно на 950 мг/л на каждые 100 м, а в пределах следующих 1000 м — только на 55 мг/л на 100 м. Отсюда следует, что область интенсивного смещения ионов вод различного химического состава простирается примерно на 250—300 м от береговой линии.

Хотя химический состав грунтовых вод в пределах одной скважины и был довольно постоянным (рис. 5), но все же определенную зависимость между изменением ее минерализации и уровнем грунтовых вод можно отметить. В январе—феврале 1967 г., т. е. в период минимального уровня, когда почва была замерзшей и инфильтрация атмосферных осадков с поверхности отсутствовала, минерализация грунтовых вод возросла за счет увеличения содержания всех ионов, преимущественно ионов хлора, натрия и магния, на 0,50—0,60 г/л, а в скв. 5 даже на 1,4 г/л, хотя гидрохимический тип воды остался прежним.

Согласно данным наблюдаемого колодца, во время мартовского половодья под влиянием талых инфильтрационных вод минерализация грунтовых вод уменьшилась на 0,3 г/л, главным образом за счет уменьшения количества всех ионов. С апреля до августа минерализация воды в скважинах постепенно повысилась на 0,1—0,2 г/л вследствие уменьшения атмосферного питания грунтовых вод и увеличения испарения в летнее время. Несмотря на некоторый рост содержания сульфатов, магния и хлора, гидрохимический тип воды не изменился.

Во время осенних дождей минерализация грунтовых вод снова понизилась на 0,10—0,20 г/л и достигла минимума, по данным 1966 г., в ноябре—декабре. Годовая амплитуда колебания минерализации, не считая октября 1967 г., в прибрежной скв. 5 составила 1,7 г/л, в скв. 2—4 соответственно 0,4—0,5 г/л и в скв. 1 только 0,25 г/л.

Следует отметить, что при нагоне осолоняющее действие морской воды на грунтовые воды незначительное. Во время нагона образуется подпор грунтовых вод, дренаж их задерживается, уровень повышается, а притекающая со стороны суши пресная вода перемешивается с солоноватыми прибрежными грунтовыми водами и опресняет их. Но при кратковременном затоплении морской водой береговой зоны минерализация грунтовых вод резко повышается. Так, в октябре 1967 г. после затопления морской водой устья всех скважин скачок минерализации воды в

скв. 2—5 составил 0,6—0,1 г/л, в скв. 1 был равен 2 г/л, а в колодце достиг даже 3 г/л. Одновременно изменился и химический состав вод, но уже к концу ноября минерализация воды уменьшилась и хлоридно-натриевый тип воды изменился на прежний.

Резюмируя изложенное выше, можно отметить следующее.

1. На морском берегу курорта Пярну уровенный режим грунтовых вод формируется как под влиянием колебания уровня моря, так и под действием атмосферных осадков. Поток грунтовых вод во время нагона направлен в основном в сторону суши, а при низком положении уровня моря — в сторону моря.

2. Наиболее интенсивное влияние морской воды на изменение химического состава грунтовых вод в прибрежно-морских песках установлено на расстоянии 200—300 м от береговой линии. Минерализация грунтовых вод при минимальном уровне повышается до максимальных значений, а с повышением уровня — понижается.

ЛИТЕРАТУРА

- Верте А. 1966. Основные черты гидрогеологического строения и формирования подземных вод Эстонского артезианского бассейна. Изв. АН ЭССР, сер. биол., 14, № 4.
- Каризе В. 1966. Основные черты формирования состава вод четвертичных отложений Южной Эстонии. Изв. АН ЭССР, сер. физ.-матем. и техн. наук, 15, № 4.

*Институт геологии
Академии наук Эстонской ССР*

Поступила в редакцию
16/I 1974

Aino PILL

PINNASEVEE TASEME KÕIKUMISED JA MINERALISATSIOON • PÄRNU RANNAS

Pärnu ranna liivades sõltub pinnasevee tase meretaseme kõikumisest ja sademetest. Mere kõrgseisu ajal liigub pinnasevesi mandri, madalseisu ajal ja rohkete sademete puhul aga mere poole.

Pinnasevee keemilise koostise ja taseme vahel esineb teatud seos. Madalseisu ajal on pinnasevee mineralisatsioon kõrgem ja kloriidne vesi ulatub kuni 200 meetrini rannajoonest, veetaseme tõustes langeb vee mineralisatsioon ja suureneb vesinikkarboonaatidesisaldus. Merevee mõju pinnasevee keemilisele koostisele avaldub kõige intensiivsemalt kuni 200—300 meetrini keskmisest rannajoonest.

Aino PILL

THE WATER LEVEL AND MINERALIZATION OF UNDERGROUND WATERS ON THE SEASHORE OF THE SEASIDE RESORT PÄRNU (ESTONIA)

On the seashore of the seaside resort Pärnu, the water level of the underground waters is affected by the fluctuations of the level of the sea as well as by the action of precipitation.

A definite connexion is observed between the level of the underground waters and their chemical composition. At low water level, the degree of the mineralization is higher, and the chloride-containing water spreads to a distance of about 200 m from the shoreline. On the other hand, with a higher water level mineralization decreases, whereas the content of hydrocarbonates increases. The influence of the sea-water upon the chemical composition of the underground waters is most intensive at a distance of up to 200...300 m from the shoreline.