

УДК 556.3(477.75)

А. В. Зувев

## ***Стационарные исследования грунтовых вод на территории Карадагского заповедника***

ФГБУН «Карадагская научная станция им. Т. И. Вяземского – природный заповедник РАН», г. Феодосия, пгт Курортное  
e-mail: lizaveta-zueva@mail.ru

**Аннотация.** В работе представлены результаты стационарных исследований грунтовых вод на территории Карадагского заповедника. Выявлены особенности внутригодовой и межгодовой динамики уровня грунтовых вод, а также дебета источников. Описаны два периода в изменении уровня грунтовых вод по их реакции на поступление атмосферных осадков. Показаны изменения температуры грунтовых вод, описаны причины этих изменений. Выявлено, что считавшийся ранее конденсационным источник Левинсона-Лессинга образован трещинно-грунтовыми водами и питается в основном за счет инфильтрации атмосферных осадков.

**Ключевые слова:** грунтовые воды, уровень грунтовых вод, источник, расход воды, температура, Карадагский заповедник.

### **Введение**

Уровень залегания грунтовых вод, их физические свойства являются одними из важных ландшафтно-экологических показателей, особенно в условиях Крымского полуострова, где увлажнение является лимитирующим фактором ландшафтогенеза и пространственной дифференциации ландшафтов. На Карадаге мониторинг уровня залегания грунтовых вод был начат в 1996 году, практически с момента создания Карадагского ландшафтно-экологического стационара [1]. На основании результатов мониторинга были выявлены 14 периодов спада, подъема и незначительного изменения уровня на спаде или подъеме уровня грунтовых вод. Сделана попытка анализа внутригодовой и межгодовой динамики. Показана роль засушливости года в формировании уровня залегания грунтовых вод [2]. В настоящее время накоплен значительный ряд, позволяющий детализировать полученные ранее результаты, а также дополнить их материалами, касающимися физических свойств грунтовых вод, что и стало целью данной работы.

### **Материал и методы**

Для наблюдений за режимом грунтовых вод использовались колодец в низовье склоновой балки гряды Беш-Таш (измерение уровня грунтовых вод) и источник Чобан-Чокрак (Ч/Ч) на южном склоне хребта Сюрю-Кая (изменение дебета источника). Кроме того, с марта 2007 года велись наблюдения за режимом вод источника Левинсона-Лессинга (Л/Л).

Наблюдения за уровнем и температурой грунтовых вод ведутся в средней части Карадагской балки. Её верхняя часть покрыта лесом, а средняя и нижняя – редколесьями и шибляками. Пунктом наблюдения выступает старый колодец, который находится ниже лесного пояса на днище балки, в 0,3 км от ландшафтно-экологического стационара и в 2,25 км севернее Карадагской научной станции, на абсолютной высоте около 140 м. Колодец пройден в современных пролювиальных

щебнисто-супесчаных отложениях мощностью около 5 м, залегающих на средневерхнеюрских глинах копсельской свиты. Горизонт грунтовых вод находится в водопроницаемом пролювии выше водоупорных глин. Область его питания – верхняя часть карадагской балки, на 70 % покрытая лесом [2].

Наблюдения за расходом воды в источниках ведутся на источнике Чобан-Чокрак (Ч/Ч), расположенном неподалёку от ландшафтно-экологического стационара на склоне балки Карадагской, на южном склоне хребта Сюрю-Кая, в 2,75 км к северу от Карадагской научной станции, на абсолютной высоте 250 м. В этом месте крутопадающие слои верхнеюрских известняков торца хребта Сюрю-Кая срезаются разломом и соприкасаются с глинами. Источник питается атмосферными осадками и трещинно-карстовыми водами. Область его питания расположена в западной части хр. Сюрю-Кая. Источник каптирован в трубу. Кленово-дубовые насаждения, растущие на склоне, как и возвышающийся над ними известняковый массив, способствуют быстрому проникновению дождевых вод до водонепроницаемых глинистых пластов [2].

С марта 2007 года велись наблюдения за режимом вод источника Левинсона-Лессинга (Л/Л). Источник находится в нижней части одноименной скалы, сложенной из вулканического туфа, расположенной у берега моря в 1 км к востоку от Карадагской научной станции.

Наблюдения и измерения проводились с периодичностью раз в неделю и сразу после выпадения атмосферных осадков. Отслеживалась также суточная динамика параметров исследуемых объектов.

### **Результаты и обсуждение**

За годы наблюдений за уровнем грунтовых вод естественным образом выделились два различных по динамике уровня грунтовых вод периода: 1995–2010, 2011 – настоящее время.

В первый период атмосферные осадки непосредственно сразу после выпадения не влияли на колебания уровня грунтовых вод. После выпадения значительных осадков и до подъема уровня воды в колодце проходило несколько месяцев, а иногда и лет. Однако спад уровня по времени занимал не более 1030 дней (с 22.05.2006 по 16.03.2009). Поднятие уровня происходило резко и на большую высоту – до 3,2 м. При этом обычно наблюдалось и понижение температуры воды на 1–2°C. Самый высокий уровень, 1,1 м, в колодце отмечен 07.04.1997 г. В 1996 г. колодец пересыхал. Пересохшим колодец оставался 180 дней, с 30 января по 29 июля. В редкое время, когда грунтовые воды находились высоко, происходила постоянная их подпитка за счет поступающих осадков, на которые уровень тут же реагировал повышением.

Второй период связан с опусканием уровня воды в колодце, которое началось в начале февраля 2011 г. и заняло 2012–2015 гг. В эти годы, после поступления обильных ливневых осадков, уровень воды поднимался лишь на 1–35 мм (вероятнее всего атмосферная влага проникала просто сверху под кольцо колодца), и затем опять продолжал опускаться. В начале ноября 2016 года колодец пересох, и в настоящее время продолжает оставаться пересохшим. Длится второй период состояния уровня грунтовых вод (начавшийся 07.02.2011 г.) уже 2489 дней, из них без воды в колодце – 399 (с 07.11.2016). Все

это свидетельствует о вероятном изменении гидрологических условий, что косвенно подтверждается фактом уменьшения расхода воды в источнике Чобан-Чокрак, расположенном на склоне хребта в 500 м от и на 110 м выше месторасположения колодца. По сравнению с периодом 1995–2010 гг., среднегодовой дебит источника в 2011–2015 годах уменьшился в 4,8 раз (по сравнению с периодом 2000–2010 – в 4,5 раза, при уменьшении количества атмосферной влаги в 1,3 раза (на 108,2 мм), и увеличении среднегодовой температуры воздуха на 0,4°C). Уменьшение же дебита источника Левинсона-Лессинга оказалось пропорциональным уменьшению количества атмосферных осадков. Вследствие понижения уровня грунтовых вод вероятно и произошёл наблюдаемый в последние годы массовый отпад древесно-кустарниковой растительности (впрочем, утверждать это без проведения исследовательских работ, прежде всего детального лесопатологического обследования, нельзя).

Большую часть времени, когда уровень в колодце держался низко, температура воды в нем изменялась плавно, параллельно изменению температурного режима воздуха. При этом как понижение, так и повышение температуры воды колодца по сравнению с температурой воздуха запаздывало по мере охлаждения или прогревания водоносных слоев. В среднем, температура колодезной воды за годы наблюдений составила 11,2°C (табл. 1). Наиболее низкой (1,9°C) температура воды, которой в колодце к тому времени почти не осталось, была 23.01.1996 г., накануне полного его пересыхания. Максимальная температура – 15,5°C – зафиксирована 03.08.1998 года и 27.09.2010 года.

Во время сильных осадков лес препятствует либо резко уменьшает образование поверхностного стока, вследствие этого количество дождевой воды, достигшее водоносного горизонта источника Ч/Ч, увеличивается. При достаточной величине атмосферных осадков, поступающих в жидкой форме, дебит источника увеличивается в день выпадения либо в ближайшее за ним время. При температурах воздуха ниже 0°C, когда выпадают твердые осадки, расход воды в источнике не увеличивается. При таянии большого объема снега дебит источника возрастает. Средний расход источника за время наблюдения составил 0,1187 л/с (табл. 1).

Максимальный расход воды (2,0 л/с) в источнике зафиксирован в начале марта 2007 г. после резкого таяния снега. Абсолютное снижение дебита 0,0038 л/с отмечено в начале августа 2012 г., в конце жаркого и сухого периода (кстати тогда же отмечена максимальная для того года температура воды источника). Водоносные слои находятся близко к поверхности почвы, о чем свидетельствует частое колебание температуры воды источника, которая напрямую зависит от температуры воздуха и температуры инфильтрующих пород. Среднегодовая температура воды в источнике выше среднегодовой температуры воздуха на 1,1°C. Наиболее высокая температура воды наблюдается в жаркое и сухое время года, когда в источнике расход воды бывает минимальным, а среднесуточная температура воздуха превышает 25°C. В холодное время в начале и конце года температура воды в источнике понижается и достигает минимальных значений.

Таблица 1.

## Средние и абсолютные многолетние значения уровня, дебита и температуры грунтовых вод

Месяц	Величина	Осадки, мм	Температура воздуха	Колодец		Источник Ч/Ч		Источник Л/Л	
				Температура воды, °С	Дебит источника, л/с	Температура воды, °С	Дебит источника, л/с	Температура воды, °С	Дебит источника, л/с
1	Средняя	42,5	1,9	8,9	-3,058	11,7	0,1764	14,8	0,00402
	Min	13,1	-24,0	1,9	-4,768	9,5	0,0062	12,5	0,00244
	Max	106,4	15,4	11,5	-1,227	13,2	1,1550	17,1	0,00957
2	Средняя	39,4	2,2	8,1	-2,904	11,6	0,1970	14,7	0,00442
	Min	3,8	-18,5	3,2	-4,427	9,1	0,0110	11,5	0,00293
	Max	94,5	23,9	10,4	-1,240	13,1	1,0870	16,5	0,01345
3	Средняя	41,0	5,3	8,0	-2,839	11,8	0,2394	15,0	0,00429
	Min	5,5	-7,8	3,8	-4,453	9,0	0,0118	13,7	0,00234
	Max	113,8	21,1	9,8	-1,215	13,4	2,0000	17,8	0,01012
4	Средняя	25,4	10,5	8,9	-2,737	12,3	0,1535	15,8	0,00397
	Min	0,0	-5,4	4,8	-4,468	10,7	0,0107	14,3	0,00223
	Max	59,8	29,7	10,7	-1,115	13,5	1,0000	18,4	0,00603
5	Средняя	31,2	16,2	10,5	-2,723	12,8	0,1108	17,3	0,00374
	Min	2,2	2,9	8,5	-4,487	12,0	0,0054	15,7	0,00215
	Max	122,1	30,2	12,5	-1,280	14,1	1,7540	18,9	0,00487
6	Средняя	64,1	20,8	11,7	-2,917	13,6	0,0473	18,7	0,00453
	Min	2,7	7,1	10,3	-4,453	12,5	0,0042	16,5	0,00212
	Max	212,3	34,7	14,5	-1,495	16,7	0,3080	20,0	0,01165

Стационарные исследования грунтовых вод на территории Карадагского заповедника

	Средняя	29,4	24,2	12,8	-3,085	14,7	0,0490	19,9	0,00419
7	Min	0,0	11,3	11,4	-4,710	12,8	0,0053	18,0	0,00334
	Max	80,7	37,2	15,1	-1,795	17,7	1,8870	21,8	0,00618
	Средняя	40,2	24,4	13,7	-3,279	15,5	0,0290	20,9	0,00383
8	Min	0,0	11,0	12,3	-4,790	13,5	0,0038	19,5	0,00293
	Max	173,1	38,9	15,5	-2,305	18,5	0,3700	22,3	0,00461
	Средняя	40,7	18,9	14,1	-3,360	15,2	0,0852	20,6	0,00364
9	Min	1,5	7,0	12,2	-4,750	13,5	0,0048	17,8	0,00259
	Max	134,1	34,5	15,5	-2,535	17,5	1,8000	22,4	0,00444
	Средняя	47,2	12,7	13,7	-3,362	14,3	0,0758	19,3	0,00375
10	Min	5,6	-1,4	10,5	-4,720	12,8	0,0050	16,5	0,00318
	Max	133,1	28,4	15,1	-1,425	16,4	1,3000	21,7	0,00571
	Средняя	48,4	8,2	12,4	-3,277	13,2	0,1151	17,8	0,00418
11	Min	1,1	-7,7	8,3	-4,725	11,5	0,0067	15,0	0,00295
	Max	137,4	22,4	14,3	-1,362	15,2	0,9100	20,0	0,01291
	Средняя	39,3	3,6	10,8	-3,298	12,2	0,1449	15,8	0,00424
12	Min	3,8	-12,7	5,5	-4,745	10,0	0,0063	12,0	0,00251
	Max	115,5	18,0	13,4	-1,455	13,8	1,7540	18,1	0,01282
	Средняя	488,9	12,4	11,2	-3,126	13,3	0,1187	17,7	0,00407
Год	Min	308,3	-24,0	1,9	-4,790	9,0	0,0038	11,5	0,00212
	Max	714,5	38,9	15,5	-1,115	18,5	2,0000	25,0	0,01345

Температура воды в источнике зависит от поступающих осадков. Так за сентябрьской засухой 2011 года, после череды дождей (с 11 по 19 октября), дебит источника увеличился в 17,4 раза. При этом температура воды источника понизилась сразу на 2,5°C. Максимальная температура воды источника – 18,5°C наблюдалась в жаркий и сухой период 2001 года (20.08), тогда же в источнике был отмечен минимальный для того года расход воды. Минимальное значение (9,0°C) температура воды источника имела 20.03.2000 г. после увеличения его дебита в 2,1 раз, которое произошло в результате таяния снега, и вызвало понижение температуры воды на 2,0°C.

Ранее некоторые исследователи высказывались о преимущественно конденсационном питании большинства источников, в том числе и источника Левинсона-Лессинга, расположенных в вулканической части, в особенности на побережье, заповедника [3; 4]. Проведенные наблюдения позволяют утверждать, что источник постоянный, нисходящий, образован трещинно-грунтовыми водами, водоупором которых вероятно служит монолитный нетрещиноватый лавовый поток спилитов, питается в основном за счет инфильтрации атмосферных осадков. Хотя явление конденсата вероятнее всего существует, но носит незначительный характер. Вероятное его проявление неоднократно фиксировалось в межень (в жаркое и сухое время, обычно в конце лета – начале осени) при минимальном, в пределах 0,00235 л/с, расходе воды, когда наблюдалось совсем малозаметное (на 0,00001 л/с) его суточное колебание. На фоне высокой (около 80 %) относительной влажности разгрузка родника увеличивалась. Если же влажность была низкой, то наблюдался обратный процесс. Обычно же суточный ход расхода воды источника – прямолинейно убывающий (при его отрицательной динамике большую часть года) либо прямолинейно возрастающий (при его положительной динамике после поступления обильных осадков). Уменьшение дебита происходит медленно, во время «типичного» состояния источника, при десяти повторах измерения, разница в его величине составляет: в течение часа – 0,00000–0,00002 л/с (разница во времени наполнения литрового сосуда – 0,03–1,00 секунды), суток 0,00001–0,00004 л/с (0,07–2,1 секунды). Возрастает расход воды в источнике гораздо заметнее после быстрого таяния достаточно большого объема снега или поступления обильных интенсивных, зачастую стокообразующих, осадков. Он сразу увеличивается в 2–3 раза.

Как правило, дебит воды источника заметно не реагирует на жидкие атмосферные осадки количеством менее 15 мм ни сразу после их выпадения, ни по прошествии какого-либо времени. Из среднего за 2007–2015 гг. количества атмосферных осадков – 472,0 мм, поступивших в среднем за 81 день, зримо влияли на увеличение дебита источника Л/Л 184,1 мм (39%), поступивших в среднем за 8 дней (из этого, конечно, не следует, что прочие поступления атмосферной влаги не могут достигать горизонта вод источника). Чем обильнее и интенсивные дожди и чем продолжительней их череда, тем больше производительность потока источника. Средний расход воды источника Л/Л за год составляет 0,00407 л/с. Минимальный дебит источника – 0,00212 л/с – зафиксирован 02.06.2014 г., до этого, с середины февраля, в течение 107 дней он едва заметно уменьшался, несмотря на поступления атмосферной влаги (50,0 мм за 18 дней с дождями, при этом максимальное поступление за дождь составило 8,2 мм). Лето и осень 2017 года выдалась засушливыми. Даже отдельные разовые крупные (в пределах 20 и более мм) поступления атмосферной влаги почти не

оказывали положительного влияния на увеличение расхода воды источника. Оно было совсем небольшим, на 0,00002 – 0,00007 л/с, и длилось недолго – 3–5 дней. Большую же часть летне-осеннего периода дебит источника медленно уменьшался. К 9 ноября он уменьшился до рекордной величины и в настоящее время продолжает уменьшаться. Максимальный расход родника 0,01345 л/с, отмеченный 22.02.2010 г., в основном обусловлен таянием снега (67,0 мм).

Среднегодовая температура воды в источнике Л/Л выше среднегодовой температуры воздуха на 5,7°C. Температура воды источника зависит от температуры скального массива, в котором вода передвигается, то есть напрямую зависит от поступающей солнечной радиации и температуры воздуха. В течение суток температура воды в источнике изменяется вслед за температурой воздуха и горных пород. Иногда заметное влияние на температуру воды источника оказывает дующий со стороны моря ветер (благодаря которому весной в пасмурную погоду она за несколько часов может понизиться на 1–2 °С). Чем больше дебит источника, тем относительно теплее его вода в холодное время года и тем прохладней в теплое. При уменьшении расхода воды наблюдается обратная зависимость изменения ее температуры. Температура воды родника может заметно меняться во время быстрого таяния большого объема твердых осадков. Так, в середине декабря 2010 г., в результате снеготаяния и обильных дождей (114,9 мм влаги), дебит источника резко увеличился в 2,7 раз, а температура воды понизилась на 5,1°C. Наиболее низкой (11,5°C) температура воды источника была 07.02.2012 года, после двенадцати дней с минусовой среднесуточной температурой воздуха (до –18,5°C) при расходе воды меньше среднего многолетнего февральского значения в 1,2 раза. Очень тёплой, с одинаковой температурой в 22,4°C, вода в источнике была: в 2008 году – 3 сентября в 15 часов дня, в 2011 году – 20 сентября в 14 часов 20 минут, в 2016 году – 25 августа в 12 часов. Абсолютный же максимум зарегистрирован 22.09.2017 года. В этот день в установленный основной срок наблюдения – в 8 часов 10 минут – температура воды источника равнялась 23,4°C, в полдень – 25,0°C.

### **Выводы**

1. Анализ данных стационарных исследований грунтовых вод Карадагского заповедника позволил выявить два различных периода изменения уровня грунтовых вод, проявляющихся в его многолетней динамике. Описанные ранее четырнадцать периодов грунтовых вод входят в состав первого из двух обозначенных.

2. Описаны особенности изменения дебета и температуры воды источников во внутрисуточном, внутригодовом и межгодовом разрезе. Выявлена связь между количеством поступающих осадков и расходом воды в источнике. Описана реакция температуры воды в источниках на изменение температуры воздуха и водоносных слоёв породы.

3. Выявлено, что основным источником питания источника Левинсона-Лессинга, ранее считавшегося конденсационным, являются трещинно-грунтовые воды, поступающие путём инфильтрации атмосферных осадков.

### *Литература*

1. Ландшафтно-экологический стационар Карадагского природного заповедника. Вып. 1 / Под ред. А. Л. Морозовой, Ю. И. Будашкина, В. А. Бокова. – Симферополь: Таврия-Плюс, 1999. 112 с.
2. Ландшафтно-геофизические условия произрастания лесов юго-восточной части горного Крыма / под ред. В. А. Бокова. – Симферополь: Таврия-Плюс, 2001. 136 с.
3. Левинсон-Лессинг Ф. Ю., Дьяконова-Савельева Е. Н. Вулканическая группа Карадага в Крыму. – Л.: Изд-во АН СССР, 1933. 150 с.
4. Соколов Д.В. Карадаг в Крыму (геологическое описание) // Сборник материалов Азово-Черноморского геологического управления, 1948. № 23. 66 с.

A. V. Zuev

### *Stationary studies of groundwater in the territory of the Karadag Nature Reserve*

---

T. I. Vyazemsky Karadag Scientific Station – Nature Reserve of the RAS, Feodosia, Kurortnoe  
e-mail: lizaveta-zueva@mail.ru

**Abstract.** *The paper presents the results of stationary studies of groundwater in the territory of the Karadag Nature Reserve. The features of the interannual and interannual dynamics of the groundwater level, as well as the water source debut, are revealed. Two periods are described in the change in the groundwater level from their reaction to atmospheric precipitation. Changes in groundwater temperature are shown, the reasons for these changes are described. It is revealed that the previously considered condensation of Levinson-Lessing water source is formed by fissures and groundwater and is fed mainly by infiltration of atmospheric precipitation.*

**Keywords:** *ground water, groundwater level, water source, water consumption, temperature, Karadag Nature Reserve.*

### *References*

1. Landshaftno-jekologicheskij stacionar Karadagskogo prirodnogo zapovednika. Vyp. 1 / Pod red. A.L. Morozovoj, Ju.I. Budashkina, V.A. Bokova. – Simferopol': Tavrija-Pljus, 1999. – 112 s.
2. Landshaftno-geofizicheskie uslovija proizrastanija lesov jugo-vostochnoj chasti gomogo Kryma / pod red. V.A. Bokova. – Simferopol': Tavrija-Pljus, 2001. – 136 s.
3. Levinson-Lessing F.Ju., D'jakonova-Savel'eva E.N. Vulkanicheskaja gruppa Karadaga v Krymu. – L.: Izd-vo AN SSSR, 1933. – 150 s.
4. Sokolov D.V. Karadag v Krymu (geologicheskoe opisanie) // Sbornik materialov Azovo-Chernomorskogo geologicheskogo upravlenija, 1948. – № 23. – 66 s.

*Поступила в редакцию 01.12.2017 г.*