

4  
НОМЕР

БОИЦ

ISSN 2304-9081

ЭЛЕКТРОННЫЙ ЖУРНАЛ  
On-line версия журнала на сайте  
<http://www.elmag.uran.ru>



2017  
ГОД ЭКОЛОГИИ  
В РОССИИ

# БЮЛЛЕТЕНЬ

ОРЕНБУРГСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА УРО РАН



2017

**УЧРЕДИТЕЛИ**

УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РАН  
ОРЕНБУРГСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР УРО РАН

© Ю.М. Нестеренко, 2017

УДК 556.16 (470.5)

*Ю.М. Нестеренко*

## **ВЛИЯНИЕ РЕЛЬЕФА НА СТОК ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ЮЖНОМ УРАЛЕ**

Оренбургский научный центр УрО РАН (Отдел геоэкологии), Оренбург, Россия

*Цель.* Исследование зависимости водного стока в степях Южного Урала от рельефа в естественных и антропогенно измененных условиях.

*Материалы и методы.* Объектом исследования приняты угодья степной зоны Южного Урала, их водный баланс на различных формах рельефа в различных сезонах года в естественных и антропогенно измененных условиях. Применялись полевые и лабораторные методы исследования, а также литературные данные и фондовые материалы.

*Результаты.* Установлено, что распределение снежного покрова в степной зоне зависит от рельефа. Более значительно влияние рельефа на поверхностный сток и инфильтрацию. Отрицательные формы мезорельефа, представленные в основном замкнутыми понижениями, задерживают этот сток с соседних возвышений и создают условия для дополнительной инфильтрации. Рельеф местности и геоморфологические условия играют также важную роль в питании, движении, разгрузке подземных вод, особенно в неглубоко залегающих водоносных горизонтах. Изучение влияния рельефа местности на формирование подземных вод в условиях Сыртовой возвышенности с суглинисто-глинистым покровом показало, что понижения рельефа являются «гидрогеологическими окнами», через которые влага достигает водоносных горизонтов и участвует в их питании.

*Заключение.* Дан анализ баланса талых вод на различных угодьях водосборов в естественных и антропогенно измененных условиях на Южном Урале и выявлены особенности питания подземных вод в аридных условиях под различными сельскохозяйственными угодьями и под разными формами рельефа. Основное питание подземных вод через многометровую зону аэрации и образование верховодок происходит в понижениях рельефа. Исследования водного стока выявили возможность его регулирования на водосборе структурой угодий и состоянием земной поверхности.

*Ключевые слова:* сток талых вод в степной зоне, угодья степной зоны, влияние вида землепользования на поверхностный и подземный сток, рельеф местности.

---

---

*Y.M. Nesterenko*

## **INFLUENCE OF THE RELIEF ON RUNOFF OF SURFACE WATER AND GROUNDWATER IN THE SOUTHERN URALS**

Orenburg Scientific Center, UrB RAS (Department of Geoecology), Orenburg, Russia

*Objective.* The dependence of the rivers in the steppes of the southern Urals topography in natural and anthropogenically modified conditions.

*Materials and methods.* The object of the study was taken by the lands of the steppe zone of the South Urals, their water balance on various forms of relief in different seasons of the year in natural and anthropogenically changed conditions. Field and laboratory methods of research using literature data and stock materials were used.

*Results* The distribution of the snow cover in the steppe zone depends on the relief. The influence of the relief on surface runoff and infiltration is more significant. Negative forms of mesorelief, represented mainly by closed depressions, delay this flow from neighboring elevations and create conditions for additional infiltration. The terrain and geomorphological conditions also play an important role in feeding, moving, unloading groundwater, especially in not

deep-lying aquifers. The study of the impact of the terrain on the formation of groundwater in the conditions of the Szyrt upland with loamy clay cover showed that the relief depressions are "hydrogeological windows" through which moisture reaches the aquifers and participates in their feeding

*Conclusion.* An analysis of the meltwater balance in different catchment areas in natural and anthropogenically altered conditions in the Southern Urals is presented, and features of groundwater feeding under arid conditions under various agricultural lands and under different forms of relief are revealed. The main supply of groundwater through a multi-meter aeration zone and the formation of perch occurs in depressions of the relief. Studies of water flow have revealed the possibility of its regulation on the watershed by the structure of the land and the state of the earth's surface.

*Keywords:* drainage of meltwater in the steppe zone, steppe zone land, influence of the land use type on surface and underground runoff, terrain relief.

## **Введение**

Рельеф водосбора оказывает значительное влияние на распределение зимних атмосферных осадков по земной поверхности, инфильтрацию, поверхностный и подземный сток. Исследование стока и инфильтрации талых вод необходимо рассматривать с учетом воздействия на них раздельно микро-, мезо- и макрорельефа.

К макрорельефу относятся основные крупные рельефообразующие формы: склоны, водоразделы, ложбины, лоцины, балки и т.д. Их влияние на поверхностный сток, распределение снежного покрова и инфильтрацию достаточно изучено. В Степном Поволжье их исследовали И.А. Кузник, В.А. Калужский и др., в Западной Сибири и Северном Казахстане поверхностный сток талых вод, распределение снежного покрова и инфильтрацию воды в мерзлую почву изучал Н.А. Мосиенко [цит. по 1] и др.

Исследования влияния основных форм рельефа на водный сток и учет воды ведутся в основном в первичной гидрографической сети без учета перераспределения его на склоне с получением усредненных показателей. Но усредненные сведения о водном стоке недостаточны для изучения и анализа процессов инфильтрации, увлажнения активного слоя грунтов и питания подземных вод.

## **Материалы и методы**

Влияние рельефа на формирование поверхностных и подземных вод, инфильтрацию талых вод в степной зоне изучают с точки зрения воздействия на них элементов макро-, мезо- и микрорельефа.

Распределение снежного покрова в степной зоне зависит от рельефа. Макрорельеф влияет на накопление или выдувание ветром снега на больших

площадях. При этом в зависимости от направлений основных ветров и их ориентации относительно ложбин, лощин, долин, склонов и водоразделов накопление снега может происходить как в низинах и подветренных склонах, так и на водоразделах.

От мезорельефа зависит, какая часть снега задержится на водоразделах и склонах и не будет снесена в ложбины и лощины ветрами. Мезорельеф, имея незначительные положительные или отрицательные отклонения от средних отметок окружающего основного элемента рельефа, влияет на распределение снега лишь в начальный период его накопления. После заполнения снегом мезопонижений происходит сглаживание рельефа, и он прекращает свое влияние на последующие перемещения снега ветром.

Более значительно влияние рельефа на поверхностный сток и инфильтрацию. На положительных формах мезорельефа, имеющих уклон больший, чем средний уклон всего склона, поверхностный сток увеличен. Отрицательные формы мезорельефа, представленные в основном замкнутыми понижениями, задерживают этот сток с соседних возвышений и создают условия для дополнительной инфильтрации. На пахотном массиве, несмотря на большие снегозапасы (в среднем 129 мм) и значительный сток воды с возвышений рельефа (в среднем 28 мм), он по наблюдениям в 1997-1999 гг. за пределы пашни не выходил (табл.1). Талая вода впитывалась под возвышениями, не уходя за пределы слоя возможного потребления влаги растительностью и, частично стекая, аккумулировалась в замкнутых понижениях.

Питание подземных вод на пашне в пониженных местах составило 268 мм, а в расчете на всю площадь 29 мм/год. На выбитой целине при стоке с возвышений 78 мм и средних снегозапасах на склоне 134 мм, сток талых вод с общей площади из понижений составил 225 мм, а в расчете на всю площадь водосбора равен 41 мм; из них на питание подземных вод ушло в среднем 17 мм. На невыбитой целине при средних снегозапасах 182 мм и стоке 53 мм талых вод с возвышенностей в понижения общий сток составил 8 мм. На инфильтрацию в понижениях ушло 361 мм, а в расчете на всю площадь невыбитого целинного водосбора - 50 мм.

Сравнение водных балансов за время снеготаяния на зяби, выбитой и невыбитой целине показывает, что состояние земной поверхности существенно влияет на поверхностный и подземных сток.

Таблица 1. Элементы баланса талых вод на угодьях Южного Предуралья, мм

Показатели	Угодье			
	Год	Пашня	Целина выбитая	Целина невыбитая
Возвышения рельефа				
Запасы воды в снеге, Аз	1997	113	123	
	1998	141	143	
	1999	111	112	192
	2000	116	102	152
	среднее	120	120	172
Сток талых вод, Уст	1997	35	85	
	1998	27	89	
	1999	13	72	38
	2000	39	65	68
	среднее	28	78	53
Изменение запасов влаги в активном слое зоны аэрации, Мас <sub>2</sub> -Мас <sub>1</sub>	1997	68	28	
	1998	99	39	
	1999	78	20	90
	2000	45	42	81
	среднее	73	32	86
Процент суммар- ной эффективной площади возвыше- ний (понижений) на угодье, S,%	1997	90	85	
	1998	90	77	
	1999	90	85	90
	2000	85	80	81
	среднее	89	82	86
Понижения рельефа				
Запасы воды в снеге, Аз	1997	181	315	
	1998	211	243	
	1999	170	117	342
	2000	245	221	290
	среднее	202	226	326
Сток талых вод, Уст.	1997	0	327	
	1998	0	163	
	1999	0	214	50
	2000	15	195	58
	среднее	4	225	54
Приток талых вод, Упр.	1997	315	481	
	1998	243	297	
	1999	117	408	342
	2000	221	260	290
	среднее	226	355	326
Изменение запасов влаги в активном слое зоны аэрации, Мас <sub>2</sub> -Мас <sub>1</sub>	1997	151	234	
	1998	153	237	
	1999	146	222	156
	2000	99	194	104
	среднее	137	222	130

Фильтрация за пределы активного слоя зоны аэрации, Фас	1997	335	74	
	1998	286	97	
	1999	121	96	377
	2000	320	19	332
	среднее	268	96	361
Процент суммарной эффективной площади, S,% возвышений (понижений) на угодье	1997	10	15	
	1998	10	23	
	1999	10	15	10
	2000	15	20	19
	среднее	11	18	14
В среднем на склоне				
Запасы воды в снеге, Аз	1997	120	129	
	1998	148	160	
	1999	117	121	199
	2000	135	130	166
	среднее	129	134	182
Сток талых вод, Уст	1997	0	49	
	1998	0	39	
	1999	0	37	5
	2000	2.3	39	11
	среднее	1	41	8
Испарение за время снеготаяния (Ев) с учетом осадков за время снеготаяния (Ав). Ев- Ав	1997	10	10	
	1998	15	15	
	1999	20	20	20
	2000	32	-5	23
	среднее	19	10	22
Изменение запасов влаги в активном слое зоны аэрации, Мас <sub>2</sub> -Мас <sub>1</sub>	1997	76	59	
	1998	104	84	
	1999	85	50	136
	2000	53	72	87
	среднее	80	66	102
Фильтрация за пределы активного слоя зоны аэрации, Фас	1997	34	11	
	1998	29	22	
	1999	12	14	38
	2000	48	24	63
	среднее	29	17	50
Коэффициент поверхностного стока, Кст	1997	0	0.38	
	1998	0	0.24	
	1999	0	0.30	0.02
	2000	0.02	0.30	0.07
	среднее	0.01	0.30	0.04
Коэффициент фильтрации за пределы активного слоя зоны аэрации, Кфас	1997	0.28	0.09	
	1998	0.20	0.14	
	1999	0.10	0.12	0.19
	2000	0.36	0.18	0.38
	среднее	0.22	0.13	0.27

До освоения целинных земель и до периода интенсивного развития скотоводства на Южном Урале меженная полноводность рек обеспечивалась за счет большой доли инфильтрации на не выбитых целинных землях. В результате увеличения численности скота целинные земли потеряли значительную часть дернины, и произошло уплотнение поверхности почвы, что привело к уменьшению инфильтрации талых вод и увеличению паводков при сокращении меженного стока. Последующая распашка целинных земель и особенно переход на зяблевую пахоту вызвали общее сокращение стока талых вод и обмеление рек, как в меженный, так и паводковый периоды.

На водосборах Южного Урала на всех видах угодий наблюдается как испарительный, так и инфильтрационный тип водообмена. Первый приурочен к возвышениям рельефа, а второй – к его замкнутым понижениям. Взаимодействуя, они формируют повсеместно наблюдаемое на водосборах пятнистое разнообразие почв, растительности и многих других компонентов природы. Особую значимость имеют замкнутые понижения, в которых задерживаются частично или полностью первичный склоновый сток и продукты водной эрозии. Незамкнутые понижения ускоряют поверхностный сток, переводя его в струйчатый с усилением водной эрозии.

На преобладающих в выбитых естественных пастбищах талые воды мигрируют лишь на глубину 50 см, т.к. перехватываются рано вегетирующими травами. На невыбитой целине при наличии дернины, более высокой скорости впитывания талых вод в мерзлую землю и увеличенных запасах снега, глубина промачивания грунтов под возвышениями увеличивается до 60 см; глубже их влажность растет незначительно. Под понижениями рельефа режим влажности грунтов более благоприятен для растительности за счет глубокого промачивания грунтов талыми водами. Таким образом, малые формы рельефа существенно влияют на водный баланс, водообеспеченность растительности и питание подземных вод.

Рельеф местности и геоморфологические условия играют также важную роль в питании, движении, разгрузке подземных вод, особенно в не глубоко залегающих водоносных горизонтах. В пределах Оренбургского Урала подобное воздействие отмечается как в степных условиях Русской платформы, так и в горной части. Движение подземных вод в верхней гидродинамической зоне направлено в сторону естественных дрен – к речным долинам, оврагам, балкам. В платформенных условиях по мере погружения водонос-



ных горизонтов и комплексов влияние дренирующих элементов снижается, и происходит не только рост абсолютных величин напора, но и относительное выравнивание пьезометрических уровней.

Гидродинамические параметры, мощность водоносного горизонта, напоры, удельные дебиты скважин, зависят от положения участка в рельефе. Отмечается общая тенденция увеличения водообильности, напоров, мощности водонасыщенных пород, водопроницаемости от водоразделов к долинам, между которыми промежуточное положение занимают склоны. В бассейнах разных рек различия неоднозначны, но тенденция проявляется повсеместно, и основная причина заключается в подземном притоке с прилегающих склонов, более интенсивной инфильтрации влаги в долинах рек, накопления больших запасов снега, большей трещиноватости и пустотности пород.

На водоразделах напоры воды в водоносных горизонтах малы или отсутствуют вовсе, а статистический уровень располагается глубже, чем на склонах и в долинах. При средней глубине зоны активного водообмена 120 м, степень заполнения свободной емкости подземными водами на водоразделах минимальна, на склонах – средняя, в долинах они водонасыщенны в наибольшей мере, а сами воды зачастую являются напорными. В долинах рек концентрируется большая часть ресурсов подземных вод и находятся самые производительные части водоносных комплексов. Так, в долинах р. Самары и ее притоков Ток, Б. и М. Уран, Бузулук, где преимущественно развиты верхнепермский (татарский  $P_{2t}$ ) и нижнетриасовый ( $T_1$ ) водоносные комплексы, при средней мощности водовмещающих пород ( $m$ ) 41 м средний дебит скважин составляет 3.25 л/с, удельный дебит ( $q$ ) – 0.20 л/с, коэффициент фильтрации ( $K_f$ ) – 1.47 м/сут, водопроницаемость ( $K_m$ ) – 82.3 м<sup>2</sup>/сут (табл. 2). На склонах параметры  $m$  и  $q$  уменьшаются в 1.36-1.54 раза, а гидродинамические – в 3.2-4.5 раза, в т. ч. коэффициент фильтрации до 0.45 м/сут., водопроницаемость до 18.5 м<sup>2</sup>/сут [1]. На водоразделах средняя мощность водовмещающих пород снижается до 32 м, удельный дебит скважин по сравнению с водоразделами уменьшается в 5 раз (0.04 л/с),  $K_f$  - в 8.65 раз (0.17 м/сут), а водопроницаемость – почти в 15 раз (5.44 м<sup>2</sup>/сут)

Изучение влияния рельефа местности на формирование подземных вод в условиях Сыртовой возвышенности с суглинисто-глинистым покровом мощностью до 20-24 м, показало, что понижения рельефа являются «гидрогеологическими окнами», через которые влага достигает водоносных гори-



зонтов и участвует в их питании. Такие понижения занимают до 20-25 % общей площади, но роль их огромна, т.к. на остальной территории выпавшие осадки и снегозапасы расходуются на суммарное испарение. Пятнистая мозаично-столбчатая структура водопроницающего пространства была заложена в модель для программы расчета влагопереноса в аридной зоне.

*Таблица 2. Средние значения гидродинамических параметров пород в бассейне р. Самара*

Число скважин	Положение в рельефе	Гидродинамические показатели в скважинах глубиной до 120 м			
		m, м	q, л/с	Кф, м/сут	Км, м/сут
33	Долины	56	0.20	1.47	82.3
30	Склоны	41	0.13	0.45	18.5
12	Водоразделы	32	0.04	0.17	5.44
33	Долины	100%	100%	100%	100%
30	Склоны	73%	65%	30%	22%
12	Водоразделы	57%	20%	11%	7%

Согласно расчетам в сухостепных условиях при осадках 370 мм/год и  $K_{увл} = 0.45-0.57$  в зависимости от площади водосбора на инфильтрацию  $W_{ин}$  уходит от 5 до 118 мм/год. При глинистом составе зоны аэрации и наличии в ней водоупоров формируются верховодки, скорость подъема которых при  $W_{ин} = 5-46$  мм/год составляет 0.38-2.45 м/год. При более легком составе и лучшей водопроницаемости влага проникает в глубокие слои, питая через «гидрогеологические окна» первые от поверхности водоносные горизонты, в которые поступает от 47-118 мм/год [2].

### **Заключение**

На водосборах Южного Урала на всех видах угодий наблюдается как испарительный, так и инфильтрационный тип водообмена. Первый приурочен к возвышениям рельефа, а второй – к его замкнутым понижениям. Взаимодействуя, они формируют повсеместно наблюдаемое на водосборах пятнистое разнообразие почв, растительности и многих других компонентов природы. Распашка целинных земель и особенно переход на зяблевую пахоту вызвали общее сокращение стока талых вод и уменьшение паводкового сто-

*Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН (электронный журнал), 2017, №4*  
ка. На зяблевой пахоте наблюдается значительный сток талых вод с мезо-  
возвышений и аккумуляция их в замкнутых понижениях рельефа.

Анализ баланса талых вод на различных угодьях водосборов в есте-  
ственных и антропогенно измененных условиях на Южном Урале выявил  
особенности питания глубоко залегающих подземных вод в аридных усло-  
виях. Оно происходит в понижениях рельефа в «гидрогеологических окнах»  
Исследования водного стока выявили возможность его регулирования на во-  
досборе структурой угодий и состоянием земной поверхности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Донецкова А.А. Минеральные воды Оренбургской области. Охрана окружающей среды Оренбургской области. Оренбург: Изд. ОГУ. 2002: 184-199.
2. Сквалецкий Е.Н., Нестеренко Ю.М., Сквалецкий Д.Е. Гидрогеологические прогнозы и расчеты водно-солевого режима в зоне аэрации. Водные ресурсы, геологическая среда и полезные ископаемые Южного Урала. Оренбург: Изд. ОГУ, 2000: 78-89.

*Поступила 14.12.2017*

*(Контактная информация: Нестеренко Юрий Михайлович – доктор географиче-  
ских наук, доцент, заведующий отделом геоэкологии Оренбургского научного центра  
УрО РАН; адрес: 460014, Оренбург, ул. Набережная, д. 29 о/с 14, а/я 59; Тел./факс (3532)  
77-06-60 e-mail: [geoecol-onc@mail.ru](mailto:geoecol-onc@mail.ru))*

---

---

#### LITERATURA

1. Doneckova A.A. Mineral'nye vody Orenburgskoj oblasti. Ohrana okruzhajushhej sredy Orenburgskoj oblasti. Orenburg: Izd. OGU, 2002: 184-199.
2. Skvaleckij E.N., Nesterenko Ju.M., Skvaleckij D.E. Hidrogeologicheskie prognozy i raschety vodno-solevogo rezhima v zone aeracii. Vodnye resursy, geologicheskaja sreda i poleznye iskopaemye Juzhnogo Urala. Orenburg: Izd. OGU, 2000: 78-89.

#### Образец ссылки на статью:

Нестеренко Ю.М. Влияние рельефа на сток поверхностных и подземных вод на Южном Урале. Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2017. 4. 9с. [Электр. ресурс] (URL:<http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2017-4/Articles/YMN-2017-4.pdf>).