

## ВЛИЯНИЕ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ И КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА УРОВЕНЬ ГРУНТОВЫХ ВОД (НА ПРИМЕРЕ ПРАВОЕГОРЛЫКСКОГО КАНАЛА)

Марнопольская Ю.Т.

*ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», Ставрополь,  
e-mail: stav777@bk.ru*

Цель настоящего исследования – провести анализ влияния климатических факторов и площади орошаемых Правоегорлыкским каналом земель на уровень грунтовых вод. В работе были использованы методы сравнительно-географического, сравнительно-аналитического, ландшафтного, исторического и статистического анализа. Материалами послужили данные отчетов о гидрогеолого-мелиоративных работах Федерального государственного бюджетного учреждения «Управление «Ставропольмелиоводхоз» и рекогносцировочном обследовании орошаемых земель Право-Егорлыкской обводнительно-оросительной системы за 1985–2023 гг. В районах Ставропольского края с умеренно континентальным и континентальным климатом сильное влияние на высокий уровень грунтовых вод оказывают площадь орошаемых земель и количество выпавших осадков. В районах с резко континентальным климатом на высокий уровень грунтовых вод влияет не только площадь орошаемых земель, но и объем поданной воды. Такие факторы, как осадки и температура, оказывают умеренное влияние, а при увеличении коэффициента дефицита насыщения уровень грунтовых вод снижается. По данным наблюдениям установлено, что в орошаемых районах с континентальным и умеренно континентальным климатом на высокий уровень грунтовых вод влияют осадки и орошение территорий. В районах с резко континентальным климатом на высокий уровень грунтовых вод влияет площадь орошаемых территорий, а также влияет объем поданной оросительной воды. На территориях Правоегорлыкского канала на высокий уровень грунтовых вод на протяжении пяти десятилетий влияют антропогенные факторы (орошение сельскохозяйственных угодий) и климатические.

**Ключевые слова:** грунтовые воды, Ставропольский край, орошение, метеорологические показатели, сельскохозяйственные угодья

## THE INFLUENCE OF THE IRRIGATION SYSTEM AND CLIMATIC FACTORS ON THE GROUNDWATER LEVEL (ON THE EXAMPLE OF THE PRAVOEGORLYK CANAL)

Marnopolskaya Yu.T.

*North Caucasus Federal University, Stavropol, e-mail: stav777@bk.ru*

The purpose of this study was to analyze the influence of climatic factors and the area of irrigated land on the groundwater level of the Pravogorlyk canal. The methods of comparative geographical, comparative analytical, landscape, historical and statistical analysis were used in the work. The material was data from reports on hydrogeological and land reclamation works of the Federal State Budgetary Institution "Management of Stavropol Irrigation and Forestry" and a reconnaissance survey of irrigated lands of the Pravo-Egorlyk irrigation system for the period 1985-2023. In the regions of the Stavropol Territory with a temperate continental and continental climate, the area of irrigated land and the amount of precipitation have a strong influence on the high groundwater level. In areas with a sharply continental climate, high groundwater levels are affected not only by the area of irrigated land, but also by the volume of water supplied. Factors such as precipitation and temperature have a moderate effect, and with an increase in the saturation deficit coefficient, the groundwater level decreases. According to the observations, in irrigated areas with a continental and temperate continental climate, high groundwater levels are affected by precipitation and irrigation of territories. In areas with a sharply continental climate, high groundwater levels are affected by the area of irrigated areas, as well as the volume of irrigation water supplied. The territories of the Pravogorlyk Canal have been affected by high groundwater levels for five decades, such as anthropogenic factors such as irrigation of agricultural land and climatic factors.

**Keywords:** groundwater, Stavropol territory, irrigation, meteorological indicators, agricultural land

### Введение

Климат Ставропольского края удивителен и разнообразен: от зоны засушливых полупустынь до зоны увлажнения и переувлажнения. На климат края влияет наличие на юге Главного Кавказского хребта, близость Каспийского моря с восточной стороны, Черного моря – с запада [1], присутствие сухих степей и полупустынь в восточной и северо-восточной части края. На преобладающей части края выпадает до 500 мм

осадков при одновременно высокой испаряемости [2, с. 76].

Территория Ставропольского края обводнена неравномерно. Основными источниками орошения являются реки Кубань, Терек, Егорлык, Кума. Но развитие земледелия подтолкнуло к строительству оросительных каналов. Так, в 1936 г. началось строительство Невинномысского канала, из которого вода поступает в Новотроицкое водохранилище, а из него – в Пра-

воегорлыкский канал. Правоегорлыкский канал является частью Право-Егорлыкской обводнительно-оросительной системы, строительство которой завершено в 1969 г. Правоегорлыкский канал проходит по территориям Изобильненского, Труновского, Красногвардейского, Апанасенковского, Ипатовского районов, заканчивается сбросом в р. Калаус в районе г. Ипатово [3; 4].

Грунтовые воды орошаемой территории формируются за счет поливных вод, атмосферных осадков и подземного притока. Также на повышение уровня грунтовых вод влияет выпадение атмосферных осадков [5; 6]. От количества атмосферных осадков повышение уровня грунтовых вод наступает через некоторое время после их выпадения. В пустынных областях встречается конденсационное питание грунтовых вод, такое питание осуществляется за счет сгущения водяных паров воздуха. Для питания грунтовых вод большое значение имеют неинтенсивные длительные дожди при высокой относительной влажности воздуха (около 100 %), именно такие дожди дают максимальную инфильтрацию осадков. В зимний период инфильтрация осадков может произойти в случае оттепели или положительной температуры почвы [7, с. 15].

До начала обводнения и орошения земель в Ставропольском крае грунтовые воды залегают на глубине от 7 до 15 м [8]. В последние десятилетия отмечается тенденция увеличения уровня грунтовых вод. Одним из факторов повышения грунтовых вод в крае, являются более 80 крупных оросительных систем и орошаемых водоразделов, которые были построены в течение последних 70 лет. В 1980-х гг. площадь орошаемых земель в крае составила 1270 тыс. га (19 % территории края), водопотребление выросло до 3,5 млрд м<sup>3</sup>. На Ставрополье в этот период действовало 8 гидротехнических систем: Ставропольская, Большой Ставропольский канал, Александровская, Курская, Восточная, Изобильненская, Право-Егорлыкская и Терско-Кумская [9]. На сегодняшний день на территории Ставрополья имеются хранилища для воды общей емкостью 1,5 млрд м<sup>3</sup>, которые наполняются и сбрасываются с помощью искусственных водных артерий – каналов и трактов [8].

**Цель исследования** – дать оценку влияния Правоегорлыкского канала, трасса которого проходит по землям центральной, северо-западной и северо-восточной частей Ставропольского края, и климатических факторов на уровень грунтовых вод орошаемых земель за 1985–2023 гг.

## Материалы и методы исследования

В основу статьи были положены данные отчетов о гидрогеолого-мелиоративных работах ФГБУ «Управление «Ставропольмелиоводхоз» и рекогносцировочном обследовании орошаемых земель Право-Егорлыкской обводнительно-оросительной системы за 1985–2023 гг. Данные климатических условий за 1985, 1995, 2006, 2008, 2012, 2015, 2022, 2023 гг. предоставлены Ставропольским центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиалом ФГБУ «Северо-Кавказское УГМС». Наблюдения проводились на метеорологических станциях, расположенных в населенных пунктах г. Изобильный, с. Красногвардейское, с. Дивное.

Методы исследования: сравнительно-географический, сравнительно-аналитический, ландшафтный, исторический и статистический анализ.

## Результаты исследования и их обсуждение

Правоегорлыкский канал является частью Право-Егорлыкской обводнительно-оросительной системы. Канал берет свое начало из Новотроицкого водохранилища, проходит по землям Изобильненского, Труновского, Красногвардейского, Апанасенковского, Ипатовского муниципальных округов и заканчивается концевым сбросом в р. Калаус в районе г. Ипатово. Эта территория характеризуется резко континентальным и засушливым климатом.

Для оценки уровня грунтовых вод проведен корреляционный анализ за 1985–2023 гг. по пяти муниципальным округам с использованием следующих значений: уровень грунтовых вод, площадь орошаемых с/х угодий (га), объем воды, поданной на орошение (млн м<sup>3</sup>), осадки (мм), средняя годовая температура воздуха (°С), средняя годовая относительная влажность воздуха (%), средний годовой дефицит насыщения (гПа)

Изобильненский муниципальный округ расположен в северо-западной части Ставропольского края. Площадь территории – 1935,18 км<sup>2</sup>. Климат в районе умеренноконтинентальный (летом температура достигает +25 °С, а зимой – -10 °С, среднегодовая сумма осадков до 750 мм), почвы черноземные [10; 11]. Рельеф прорезан Большим Ставропольским каналом и руслами рек Большой Егорлык, Ташла, Татарка, многочисленными прудами и Новотроицким водохранилищем [12].

Таблица 1

Результаты корреляционного анализа орошаемых Правоегорлыкским каналом земель  
Коэффициент корреляции Пирсона

Округ	S – Н	V – Н	W – Н	T – Н	B – Н	H – I
Изобильненский муниципальный округ	0,85	0,48	0,82	-0,4	0,66	-0,71
Труновский муниципальный округ	0,84	0,82	0,89	-0,49	0,78	-0,8
Красногвардейский муниципальный округ	0,56	0,36	0,6	-0,34	0,65	-0,52
Апанасенковский муниципальный округ	0,78	0,82	0,4	-0,23	0,74	-0,74
Ипатовский муниципальный округ	0,47	-0,47	0,19	-0,43	0,47	-0,36

Примечание: Н – уровень грунтовых вод, м, S – общая площадь орошаемых с/х угодий, га, V – объем воды, поданной на орошение, млн м<sup>3</sup>, W – осадки, мм, I – средний годовой дефицит насыщения, гПа, T – средняя годовая температура воздуха, °C, B – средняя годовая относительная влажность воздуха, %.

Таблица 2

Результаты корреляционного анализа орошаемых Правоегорлыкским каналом земель  
Статистическая значимость (P-value)

Округ	S – Н	V – Н	W – Н	T – Н	B – Н	H – I
Изобильненский муниципальный округ	0,0093	0,243	0,017	0,32	0,079	0,057
Труновский муниципальный округ	0,011	0,015	0,003	0,21	0,027	0,028
Красногвардейский муниципальный округ	0,151	0,38	0,125	0,397	0,088	0,19
Апанасенковский муниципальный округ	0,03	0,018	0,32	0,59	0,042	0,04
Ипатовский муниципальный округ	0,25	0,24	0,65	0,32	0,25	0,39

Примечание: Н – уровень грунтовых вод, м, S – общая площадь орошаемых с/х угодий, га, V – объем воды, поданной на орошение, млн м<sup>3</sup>, W – осадки, мм, I – средний годовой дефицит насыщения, гПа, T – средняя годовая температура воздуха, °C, B – средняя годовая относительная влажность воздуха, %.

Таблица 3

Результаты корреляционного анализа орошаемых Правоегорлыкским каналом земель  
Связь между исследуемыми признаками – прямая, теснота (сила) связи по шкале Чеддока

Округ	S – Н	V – Н	W – Н	T – Н	B – Н	H – I
Изобильненский муниципальный округ	высокая	умеренная	высокая	умеренная	заметная	высокая
Труновский муниципальный округ	высокая	высокая	высокая	умеренная	высокая	высокая
Красногвардейский муниципальный округ	заметная	умеренная	заметная	умеренная	заметная	заметная
Апанасенковский муниципальный округ	высокая	высокая	умеренная	слабая	высокая	высокая
Ипатовский муниципальный округ	умеренная	умеренная	слабая	умеренная	умеренная	умеренная

Примечание: Н – уровень грунтовых вод, м, S – общая площадь орошаемых с/х угодий, га, V – объем воды, поданной на орошение, млн м<sup>3</sup>, W – осадки, мм, I – средний годовой дефицит насыщения, гПа, T – средняя годовая температура воздуха °C, B – средняя годовая относительная влажность воздуха, %.

Согласно данным табл. 1–3 наиболее сильное положительное влияние на уровень грунтовых вод оказывают площадь орошенных сельскохозяйственных угодий ( $r = 0,85$ ) и количество осадков ( $r = 0,82$ ). Менее выраженное, но все же значительное воздействие оказывает объем воды, подаваемой на орошаемые участки ( $r = 0,48$ ). Темпера-

тура воздуха и средний годовой дефицит насыщения имеют скорее обратный эффект на уровень грунтовых вод.

Таким образом, в Изобильненском районе сильное влияние на высокий уровень грунтовых вод оказывают площадь орошаемых сельскохозяйственных угодий, количество осадков, объем поданной оросительной воды.

Труновский муниципальный округ расположен в северо-западной части края, климат континентальный. Летом температура  $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а зимой  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , среднегодовая сумма осадков до 750 мм. Рельеф местности пересеченный. По территории протекают реки Егорлык, Ташла, Большая Кугульта, Малая Кугульта, пересыхающая летом река Тугулук и проходит Правоегорлыкский канал. Почвы черноземные, песчано-глинистые, местами солонцевато-глинистые [12].

Согласно приведенным в табл. 1–3 коэффициентам корреляции в Труновском муниципальном округе на высокий уровень грунтовых вод влияют осадки ( $r = 0,89$ ), площадь орошаемых сельскохозяйственных угодий ( $r = 0,84$ ) и объем воды, подаваемой на орошение ( $r = 0,82$ ). Среднегодовому дефициту насыщения свойственна значимая обратная связь с уровнем грунтовых вод ( $r = -0,80$ ).

В Труновском районе на высокий уровень грунтовых вод влияют площадь орошаемых сельскохозяйственных земель, объем оросительной воды, поданной на орошение, и осадки.

Красногвардейский муниципальный округ расположен в северо-западной части Ставропольского края. Площадь территории – 2263 км<sup>2</sup>. Речная сеть района слабо развита. Наиболее крупная река – Егорлык, она вбирает в себя реки Большой Гок, Малый Гок, Каллалы, Татарка, Большая Кугульта. По восточной территории района проходит Правоегорлыкский канал. Природной достопримечательностью района является оз. Соленое [12]. Климат умеренно континентальный с недостаточным увлажнением (максимальная температура летом достигает  $+26\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а минимальная зимой  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , среднегодовая сумма осадков составляет 560 мм). Согласно приведенным в таблицах коэффициентам корреляции в Красногвардейском муниципальном округе на уровень грунтовых вод влияет площадь орошения ( $r = 0,56$ ), среднегодовые осадки ( $r = 0,60$ ), средняя годовая относительная влажность воздуха, объем поданной воды влияет не-

значительно. Среднегодовая температура воздуха мало влияет на уровень грунтовых вод, высокий отрицательный коэффициент корреляции среднего годового дефицита насыщения (гПа) указывает на обратную зависимость.

На территории Красногвардейского района на уровень грунтовых вод оказывают влияние площадь орошаемых сельскохозяйственных угодий и выпавшие осадки.

Апанасенковский муниципальный район расположен на севере Ставропольского края. Площадь территории – 3583,98 км<sup>2</sup>. Относится к числу наиболее засушливых районов Ставрополья, к так называемой зоне рискованного земледелия. Климат резко континентальный (максимальная температура летом достигает  $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а минимальная зимой  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , среднегодовая сумма осадков составляет 410–510 мм). Летом, между первой половиной июля и первой половиной августа, температура колеблется от  $+25$  до  $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Зимой она понижается до  $-3$  –  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Сильные холода редки, чаще не превышают  $-10$  –  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Рельеф равнинный, с высотами около 100 м, это отроги Ставропольской возвышенности, ограничивающие Маньчскую впадину. На территории находится оз. Маньч. Преобладают каштановые и светло-каштановые почвы, в ряде мест встречаются солончаки [12]. Согласно приведенным в табл. 1–3 коэффициентам корреляции в Апанасенковском муниципальном округе главными факторами, повышающими уровень грунтовых вод, являются площадь орошаемых сельскохозяйственных угодий ( $r = 0,78$ ) и объем воды, подаваемой на орошение ( $r = 0,82$ ). Осадки оказывают умеренное влияние на рост уровня грунтовых вод ( $r = 0,40$ ). Важным фактором является дефицит насыщения, который снижает уровень грунтовых вод при его увеличении ( $r = -0,74$ ).

Таким образом в Апанасенковском районе высокий уровень воды связан с площадью орошаемых сельскохозяйственных угодий и объемом воды, подаваемой на орошение, осадки, в свою очередь, оказывают умеренное влияние.

Ипатовский муниципальный округ расположен в северной части Ставропольского края. Площадь территории – 4039 км<sup>2</sup>. Климат резко континентальный. Максимальная температура воздуха летом  $+42\text{ }^{\circ}\text{C}$ , минимальная зимой  $-34\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Среднегодовая сумма осадков 320–412 мм и нарастает по мере передвижения от северо-восточной части района к юго-западной. Относится к кате-

гории засушливых районов. Лето продолжительное, жаркое, сухое. Осень теплая и продолжительная, но заморозки очень часты. В летнее время восточный ветер приносит раскаленный воздух среднеазиатских пустынь. С ним связаны засухи и пылевые бури, начинающиеся при скорости ветра 15–20 м/с. Засухи и суховеи различной интенсивности – типичное для района явление; летом бывает 85–100 суховейных дней. Речная сеть в районе развита слабо. Протекают: р. Калаус с притоком Айгурка, относящаяся к бессточному бассейну Каспийского моря; р. Большая Кугульта (правый приток р. Егорлык), относящаяся к бассейну Азовского моря. Малые реки – Кевсала, Айгурка, Джалга, Дунда. Имеется 2 лимана, Дундинское водохранилище и большое количество прудов [12]. Согласно табл. 1–3 основными факторами, влияющими на уровень грунтовых вод в Ипатовском районе, являются площадь орошаемых сельскохозяйственных угодий ( $r = 0,47$ ) и объем воды, подаваемой на орошение ( $r = -0,47$ ). Остальные факторы, включая осадки, температуру воздуха и дефицит насыщения, оказывают либо слабое, либо умеренное влияние на уровень грунтовых вод.

Влияние на грунтовые воды в Ипатовском районе оказывают объем воды, подаваемой на орошение, и площадь орошаемых сельскохозяйственных угодий. Незначительное влияние оказывают такие факторы, как осадки, температура, дефицит насыщения.

### Выводы

По данным наблюдениям можно сделать выводы:

1. В орошаемых районах с континентальным и умеренно континентальным климатом на высокий уровень грунтовых вод влияют площадь орошения и осадки.

2. В районах с ярко выраженным континентальным климатом площадь орошения и объем поданной воды способствуют увеличению уровня грунтовых вод.

Правоегорлыкский канал оказывает существенное влияние на уровень грунтовых вод в Ставропольском крае, обеспечивая дополнительный источник воды для орошения и способствуя изменению гидрогеологических условий в регионе.

### Список литературы

1. Цховребов В.С., Фаизова В.И. Почвы и климат Ставрополя // *Аграрный вестник Северного Кавказа*. 2015. № 2. С. 21–34. URL: [https://web.archive.org/web/20191105080802/http://www.vapk26.ru/journals/17\\_2.pdf](https://web.archive.org/web/20191105080802/http://www.vapk26.ru/journals/17_2.pdf) (дата обращения: 16.11.2024).
2. Потапенко Я.И., Толоков Н.Р., Манченко В.И., Музыченко Б.А., Куражковский Ю.Н., Лукин Н.Ф. Возвращаем воду в реки! Восстановление гидрологического режима поверхности путем моделирования естественных природных процессов. Тюмень, 2020. 164 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://trezvayatyumen.ru/vozvrashhaem-vodu-v-reki/> (дата обращения: 16.11.2024).
3. Блохин Н.Ф., Блохина Т.И. Водные ресурсы Ставрополя. Ставрополь: Департамент «Ставрополькрайводхоз», 2001. 288 с.
4. Косиченко Ю.М., Талалаева В.Ф. Анализ современного состояния водных ресурсов бассейнов рек Большой Егорлык и Западный Маныч, используемых для орошения // *Экология и водное хозяйство*. 2022. С. 33–45. DOI: 10.31774/2658-7890-2022-4-3-33-45.
5. Гурбанов М.Ф. Оценка эколого-мелиоративного состояния земель и режима грунтовых вод прибрежной территории реки Кура // *Аграрный вестник Северного Кавказа*. 2016. № 1 (21). С. 217–220. URL: <https://web.archive.org/web/20191105081042/http://www.vapk26.ru/journals/21.pdf> (дата обращения: 16.11.2024).
6. Волкова В.И., Бадахова Г.Х., Кравченко Н.А., Каплан Г.Л. Динамика и современный температурный режим календарного лета на Ставропольской возвышенности // *Наука. Инновации. Технологии*. 2020. № 4. С. 149–160. DOI: 10.37493/2308-4758.2020.4.11.
7. Бабичев А.Н., Докучаева Л.М., Юркова Р.Е. Особенности изменения мелиоративного состояния и почвенного плодородия при регулярном орошении и в постмелиоративный период земель юга России // *Мелиорация и гидротехника*. 2023. № 2. С. 168–185. DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-2-168-185.
8. Губанов Р.С. История развития ирригационных систем Ставропольского края // *Наука, образование и культура*. 2017. № 6. С. 114–116. URL: <https://scientificarticle.ru/images/PDF/2017/21/NOK-6-21.pdf> (дата обращения: 16.11.2024).
9. Марнопольская Ю.Т. Особенности орошаемых ландшафтов Ставропольского края // *Время науки: актуальные вопросы, достижения и инновации: сборник статей Международной научно-практической конференции (Пенза, 23 мая 2024 г.)*. В 2 ч. Ч. 1. Пенза, 2024. С. 229–233. [Электронный ресурс]. URL: <https://naukaip.ru/wp-content/uploads/2024/05/MK-2029-1.pdf> (дата обращения: 12.11.2024).
10. Есаулко А.Н., Колесникова Е.В., Ожередова А.Ю., Голосной Е.В., Воскобойников А.В. Мониторинг плодородия почв северо-восточной части Ставропольского края // *Плодородие*. 2022. № 4 (127). С. 41–44. DOI: 10.25680/S19948603.2022.127.12.
11. Дегтярева Т.В., Соляник Е.Н., Мельничук В.В., Ляшенко Е.А. Формирование микроэлементного состава почв полупустынных ландшафтов Ставропольского края // *Наука. Инновации. Технологии*. 2022. № 2. С. 73–88. DOI: 10.37493/2308-4758.2022.2.4.
12. АГРИЭН (Аграрная интернет-энциклопедия) / Ставропольский край. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.agrien.ru/reg/%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9.html> (дата обращения: 14.11.2024).