РЕСУРСЫ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД МОЛДОВЫ

SURFACE WATER RESOURCES OF MOLDOVA

CZU: 556.16(478) **https://doi.org/10.59295/spd2025e.81**

Николай АРНАУТ
ORCID: 0000-0001-5902-470X
E-mail: arnaut@yahoo.com
Институт геологии и сейсмологии, Молдавский Государственный Университет, Кишинэу, Республика Молдова

Константин МОРАРУ
ORCID: 0000-0001-5902-470X
E-mail: cmoraru@yahoo.com
Институт геологии и сейсмологии, Молдавский Государственный Университет, Кишинэу, Республика Молдова

Елена МАТВЕЕВА
ORCID: 0009-0007-0073-6113
E-mail: elenamatveeva196124@gmail.com
Институт геологии и сейсмологии, Молдавский Государственный Университет, Кишинэу, Республика Молдова

Любовь ВЭТЭМАНУ
ORCID: 0009-0001-1088-3236
E-mail: liubaturcan18@gmail.com
Институт геологии и сейсмологии, Молдавский Государственный Университет, Кишинэу, Республика Молдова

Summary. *The surface water resources of the Republic of Moldova were studied. The study of these resources and their critical assessment were carried out based on data for the period 1945 - 2019. The information was synthesized and an assessment of the uncertainty of the distribution of surface water resources is presented. It is shown which data are statistically reliable and can be used in scientific research and for practical purposes.*

Keywords: *surface water, resources, Republic of Moldova.*

ВВЕДЕНИЕ

Ресурсы поверхностных вод – это то количество воды, которое определяет существование гидрографической сети за счет атмосферных осадков и подземных вод. Ресурсы могут быть представлены как естественный годовой слои стока рек

с учетом величин испарения и инфильтрации в подземные воды. Для Республики Молдова поверхостные воды являются важной составляющей общих доступных водных ресурсов (включая подземные). Изученность этих ресурсов представляет методический, практический и научный интерес. Также данные о ресурсов позволяют определиться с запасами поверхностных вод и методологии их использования (запасы всегда меньше чем водные ресурсы). Нами приведены сведения как определялись ресурсы поверхностных вод и какова степень их достоверности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Использованы опубликованные и архивные материалы по изучению ресурсов поверхностных вод в пределах Республики Молдова [1-15]. Для периода 2016-2019 гг. ресурсов поверхностных вод рассчитывались современными методами [16]. Картографический материал и его интерпретация осуществлялась при помощи программного комплекса Surfer 19. Общая подготовка и обработка материала произведена в среде Microsoft Office 21.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Исследование стока малых рек Молдовы до 1990 года тесно связано с изучением рек территории быв. УССР (Украина). Оценка стока по территории быв. УССР впервые была выполнена Зайковым Б.Д. в 1946 г. Автором была создана карта-схема изолиний модуля стока, величина которого, по его данным, колеблется от 1 л/с до 3 л/с с 1 км^2 [2].

В 1948 г. Мокляк В.И. повторяет исследования стока поверхностных вод на территории быв. УССР и создает свою карта-схему изолиний модуля стока [2]. Величина изолиний модуля стока для Молдовы изменяется от 0.5 - 1.0 л/в секунду с 1 км^2 до 2.0 л/ в секунду с 1 км^2 [2]. Эта оценка стока, также как и предыдущая, является очень приближенной и недостаточной для точных расчетов.

Для территории Молдовы оценка модуля стока выполнена в 1949 г. Работа была представлена в виде карты стока и служила приложением к методическим рекомендациям по проектированию, строительству и эксплуатации колхозных водоемов. Карта была разработана коллективом научных сотрудников Института гидрологии и гидротехники АН УССР под руководством А.В. Огиевского [12]. В связи с отсутствием на территории Молдовы наблюдений за стоком малых рек изолинии модуля стока были показаны пунктиром. Эта карта прослужила около 15 лет в качестве приближенного документа для проектных работ в республике Молдова.

В 1951 г. профессор Воскресенский К.П. [2] исследовал сток рек Европейской части СССР. В рамках этой фундаментальной работы автор приводит карту модуля стока исследуемой территории. По данным автора [2] модуль стока рек в пределах территории Молдовы изменяется примерно в пределах 1.0 - 3.0 л/сек с 1 км^2. Необ-

ходимо отметить, что такая оценка была вероятностной и основывалась на данных небольшого объема исходных материалов.

Онуфриенко Л.Г. [13] исследовал модуль стока и изменчивость рек Украины и Молдовы. Исследования показали, что величина модуля стока в пределах Республики Молдова колеблется от 0.2 л/сек с 1 км^2 на юге до 2.0 л/сек с 1 км^2 в северной части. Также выявлено, что модуль стока малых рек не увеличивается с высотой местности. Необходимо отметить также, что модуль стока малых рек Молдовы подчиняется региональной закономерности, характерной для всей исследованной территории.

В 1972 г. Зеленин И.В. [3] изучил естественные ресурсы подземных вод Молдовы. В этой работе автор анализировал данные величин естественного годового слоя стока рек Днестровско - Прутского междуречья по карте Онуфриенко Л.Т. и Кононенко Н.И. [13]. С этой карты слой стока составляет интервал 0.2 - 2.0 л/сек с 1 км^2. Также видно, что величина стока закономерно уменьшается с севера на юг территории.

Онуфриенко Л.Г. [12] на основе характеристик водных ресурсов Украины и Молдовы, разработал свой вариант карты. Расположение изолиний модуля стока на этой карте мало отличалось от карты Железняка И.А. Позднее Онуфриенко Л.Г. дважды корректировал свою карту модуля стока. Она была опубликована в монографии «Ресурсы поверхностных вод СССР». Эта карта также вошла в Атлас Молдавской ССР. Среднемноголетние расходы этих рек не превышают 1 м^3/сек или соответствуют значениям слоя стока 10 - 50 мм.

Значительный вклад в исследование стока рек Молдовы был сделан Лалыкиным Н.В. Этим исследователем были разработаны три карты стока рек Молдовы. Первая карта была создана в 1984 г. и опубликована [7]. Из нее следует, что величина изолиний модуля стока изменяется от 0.3 л/с. км^2 до 1.75 л/с. км^2. Особенностью этой карты является наличие в нижней и верхней частях карты территории Молдавии прерывистых изолиний. Эти особенности свидетельствуют об отсутствии на этих участках территории данных измерений на гидрологических пунктах наблюдений. Тем не менее, данная карта позволяет оценить величину модуля стока. В целом, изолинии на указанной карте не согласуются явно с предыдущими картами. Возможной причиной этих отклонений может быть недостаточность данных стока между картой 1988 г. [6] и картой 1984 г. [7]. Возможно, это обусловлено использованием более длинных рядов гидрологических наблюдений. Кроме того, были использованы методические уточнения, связанные с влиянием на сток антропогенных факторов гидрологических измерений на пунктах наблюдений. Различия также могут быть из-за увеличения количества изолиний модуля стока.

Вторая карта-схема изолиний слоя стока (в мм) и зональных значений доли подземного питания была опубликована автором в 1988 г. [6]. Изолиния слоя стока на карте в северной части Молдавии проведена пунктирной линией из за отсутствия гидрололологических данных наблюдений. Значения стока оценивались путем

экстраполяции с прилегающей территории Украины. Кроме того, не были учтены климатические и орографические условия территории Молдавии. В связи с этим, значения величины стока оценивались как приближенные. Тем не менее, эта карта в течении 15 лет служила при выполнении водохозяйственных и других проектных работ.

Исследования распределения стока малых рек Молдовы были выполнены Лалыкиным Н.В. также в 1990 г. Это третья из опубликованных автором картосхем распределения по территории величины годового стока [6], составленная с учетом данных наиболее продолжительных наблюдений на гидрологических пунктах. Согласно этой картосхеме, величина модуля стока изменяется от 20 тыс. $м^3/км^2$ до 70 тыс. $м^3/км^2$, (0.6 л/сек/$км^2$ - 2.1 л/сек/$км^2$, К = 33.35). Такие же примерно оценки нормы стока получены в [5]. Отмеченные данные Лалыкина Н.В. сопоставимы с результатами картографических значений стока других авторов.

Научный интерес представляет также карта изолиний слоя стока Сластихина В.В. и др. [13]. Эта карта была создана для использования рек с площадью водосборов более 200 $км^2$. Согласно этой картосхеме, диапазон изолиний слоя стока на территории Молдовы изменяется от 10 мм на крайнем юго-востоке до 75 мм на севере.

Важным вкладом в методику расчета стока и картирования является новый генетический метод Бефани А.Н. и Мельничука О.Н. [1]. В основу указанного метода положен дифференцированный расчет слоя стока по двум составляющим питания рек, включающих поверхностный и подземный сток. По мнению авторов [1], генетический метод лучше отражает процесс формирования речного стока. Кроме того, он дает также надежный и точный расчет слоя стока. Указанный метод впервые в Молдове использовали Казак В.Я. и Лалыкин Н.В. [5] в 2005 г. Указанный метод заслуживает положительной оценки как надежного и достаточно точного расчета слоя годового стока. В то же время оценка определения этим методом зонального (климатического) слоя является весьма сложной, с наличием некоторых погрешностей. По данным, полученным по этой методике, была составлена изолиния слоя стока. Из нее следует, что слой годового стока территории Молдовы изменяется с севера на юг от 60 мм до 16 мм [13]. Следует также отметить, что данные слоя стока малых рек Молдовы, выполненные, Казак В.Я. и Лалыкиным Н.В., представленны в книге [9]. Согласно этим данным, слой стока малых рек равен 1.06 $км^3$, что сопоставимо с ранее приведенными величинами данных Сластихина В.В. и др. Для расчетов автор использовал данные лишь 34 гидрологических пунктов наблюдений. Близкое значение к выше отмеченным величинам слоя стока рек Молдовы получено и авторами [6].

Морару К.Е. и соавторы [15] в период 2016-2019 изучили условия формирования естественных ресурсов подземных вод территории Молдовы 17-ю различными междунородно признанами методами. В рамках этих исследований были определены ресурсы поверхностных вод в виде слоя стока также различными ме-

тодами. Осредненные данные представлены в Таблице 1. Наиболее современной карта-схемой изолиний климатического слоя стока (мм) является карта-схема Беженару Г.И., Мельничука О.Н. [14] составленная 2020 г. Для оценки слоя стока авторы использовали наиболее полные данные гидрологических измерений на пунктах наблюдений. Согласно авторам этой карта-схемы величина слоя стока колеблется в пределах от 20 мм/год до 100 мм/год. Для оценки величины слоя стока рек Молдовы Беженару Г.И. и Мельничук О.Н. использовали генетический метод Бефани А.Н. и Мельничука О.Н. Для количественной оценки слоя стока авторами были использованы 40 пунктов гидрологических наблюдений.

Ниже в табличной форме приведены расчетные данные по естественному стоку на территории Республики Молдова по данным всех авторов, занимающихся этой проблемой на исследуемой территории за различные временные периоды (таб. 1), а также данные климатического речного стока на территории Республики Молдова (таб. 2). На рис. 1 представлена зависимость среднего значения модуля стока (M_o) и слоя стока (Y_o) от порядковых номеров, указанных в таблице 1 авторов. Как видно из указанной зависимости (рис. 1), наиболее заметные неравномерные изменения модуля и слоя стока проявляются в временных периодах 1 - 4.

Таблица 1. Данные естественного речного стока на территории Республики Молдова

№	Автор и год	Модуль стока, M_o, л/с км^2	Слой стока, Y_o, мм	Среднее значение, M_o	Среднее значение, Y_o
1	Зайков Б.Д., 1946	1.0 - 3.0	31.50 - 94.5	2.0	63.00
2	Мокляк В.И., 1948	0.5 - 2.0	15.75 - 63.0	1.25	39.37
3	Воскресенский К.П., 1951	1.0 - 3.0	31.50 - 94.5	2.00	63.00
4	Онуфриенко Л.Г., 1966	0.2 – 2.0	6.30 - 63.0	1.10	34.65
5	Зеленин И.В., 1972	0.2 – 1.5	6.30 - 47.25	0.85	26.65
6	Онуфриенко Л.Г., 1978	0.31 – 1.58	9.76 - 49.77	0.94	30.00
7	Лалыкин Н.И., 1984	0.3 – 1.75	9.45 - 55.12	1.02	32.13
8	Лалыкин Н.И., 1988	0.47 - 1.90	14.8 - 59.85	1.18	37.17
9	Лалыкин Н.И., 1990	0.6 - 2.1	18.9 - 66.15	1.35	42.52
10	Сластихин В.В., 1993	0.31 - 2.38	9.76 - 31.50	1.34	42.21
11	Морару К.Е. и др., 2019	0.97 – 2.23	30.48-70.16	1.60	50.32

Примечание: для порядковых номеров (1-7,11) величина M_o рассчитана по формуле: $M_o = (Y_o/31.5)$;

для порядковых номеров (8-10) величина Y_o рассчитана по формуле: $Y_o = (M_o \times 31.5)$.

Таблица 2. Данные климатического речного стока на территории Республики Молдова

№	Автор и год	Модуль стока, M_o, л/с км^2	Слой стока, Y_o, мм	Среднее значение, M_o	Среднее значение Y_o
1	Казак В.Я., Лалыкин Н.В., 2005	0.63 - 1.90	19.84 - 59.85	1.26	39.84
2	Беженару Gh., Мельничук О.Н., 2020	0.63 - 3.17	19.84 - 99.85	1.90	59.84

Примечание: для порядковых номеров (1-2) величина M_o рассчитана по формуле: $M_o = (Y_o/31.5$



Рисунок 1. Зависимость среднего значения модуля стока (M_o) и слоя стока (Y_o) от порядковых номеров (сплошная линия - (Y_o) и прерывистая линия - (M_o)

ВЫВОДЫ

Анализ отмеченных данных дает основание предполагать, что колебания величин модуля и слоя стока связаны с отсутствием статистически надежных данных гидрологических наблюдений на территории Молдовы. Сток воды малых рек Молдовы формируется за счет атмосферных осадков и подземного питания. Условия формирования стока рек по территории неоднородны. Среднегодовой слой осадков уменьшается с северо-запада на юго-восток более, чем в 1.5 раза, уменьшаясь соответственно от 560 мм до 370 мм. Условия подземного питания малых рек по территории также различны. Наиболее высокие величины подземной составляющей стока характерны для северной, центральной и приднестровской части республики. К другим особенностям природных условий страны, которые оказывают влияние на условия формирования и режим стока малых рек, относятся высокая инфильтрационная способность почв на водосборах, частые оттепели в зимний период, высокое испарение с поверхности водосборов, значительная расчлененность рельефа территории, карстовые явления. Отмеченные особенности

обуславливают величины и изменчивость количественных характеристик среднего многолетнего расхода воды.

Величина соотношений модуля стока и слоя стока хорошо коррелирует во времени. Это свидетельствует о статистической достоверности анализируемых данных, несмотря на разные периоды исследований. Данные климатического стока коррелируют с данными естественного речного стока. Естественные ресурсы поверхностных вод территории Молдовы имеет детерминистический характер. Точность определения ресурсов поверхностных вод зависит от качества исходного материала и в нашем случае от количества гидрологических и метеорологических постов. Пока, таких точек мониторингового наблюдения в пределах нашей страны – недостаточно.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бефани А.Н., Мельничук О.Н. Расчет нормы стока временных водотоков и горных рек Украинских Карпат //Ер.УкрНИГМИ. Л: Гидрометеоиздат, 1967. Вып. 69, с. 105 - 137.
2. Воскресенский К.П. Сток рек и временных водотоков на территории лесостепной и степной зон Европейской части СССР. - Л: Гидрометеоиздат, 1951. стр. 57.
3. Зеленин И.В. Естественные ресурсы подземных вод Молдавии. - Кишинев: «Штиинца», 1972. 206 с.
4. Казак В.Я., Лалыкин Н.В. Гидрологические характеристики малых рек Молдовы. - Кишинев, 2005. 208 с.
5. Лалыкин Н.В. Расчет заиления водоемов в Молдавии. - Гидротехника и Мелиорация, 1984, № 6.
6. Лалыкин Н.В. Ресурсы поверхностных вод. Водные ресурсы. - Кишинев: «Штиинца», 1990. стр. 19.
7. Лалыкин Н.В. Расчет нормы годового стока малых рек Молдавии. //Тр. Укр.НИГМИ. Л., 1988. Вып. 228, с. 74 - 82.
8. Никора В.И. Арнаут Н.А., Науменко Ф.М. Факторы формирования русел малых рек Молдовы и их типизация. Кишинев. 1991. 51 с.
9. Никора В.И., Арнаут Н.А., Науменко А.М. Факторы формирования русел малых рек Молдовы и их типизация. Препринт. - Кишинев, 1991. 54 с.
10. Норма и изменчивость годового стока рек Украины и Молдавии. Водные ресурсы и баланс вод Украины и Молдавии. //Труды. Выпуск 64. Л: Гидрометеоиздат, 1966. стр. 3 - 18.
11. Огиевский А.В. Колхозные пруды. - К., 1949.
12. Онуфриенко Л.Г. Норма изменчивости годового стока Украины и Молдавии. //Тр. УкрНИГМИ, 1966. Вып. 64. стр. 3 - 93.
13. Сластихин В.В. Картографирование нормы годового естественного стока

на территории Молдовы. //Научные труды НИИ водных проблем и мелиорации. Том. 1. - Кишинев, 1993. стр. 50 - 53.
14. Bejenaru Gh., Melniciuc O.N. Resursele de apa ale republicii Moldova. - Chisinau, 2020. 338 p.
15. Морару К.Е. и др. Условия формирования и региональная оценка естественных ресурсов подземных под (на примере Республики Молдова). – Отчет, Институт геологии и сейсмологии, Кишинёв, 2020, 300 с.

Благодарности: *Данное исследование выполнено при финансовой поддержке Государственной исследовательской программы Республики Молдова, код 010902 Молдавского государственного университета по теме «Комплексные геолого-гидрогеологические и геохимические исследования по разработке подземных хранилищ природного газа в центрально-западной части Республики Молдова (теория, методология и технико-экономическое обоснование), 2024-2027».*