

CZU: 543.3: 541.11(478)

ТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ВОД ТРАНСГРАНИЧНОГО УЧАСТКА ДНЕСТРА

Нелли ГОРЯЧЕВА, Виорика ГЛАДКИЙ, Елена БУНДУКИ

*Научный Центр прикладной и экологической химии
Молдавский государственный университет*

Статья посвящена формированию современного температурного режима днестровских вод и оценке влияния на него Днестровского гидроэнергетического комплекса. Выявлена неоднородность температурных показателей вод на молдавском участке реки. Проведен сравнительный анализ современных и ретроспективных данных.

Ключевые слова: *термический режим, температурные показатели, пространственно-временная изменчивость, сезонная динамика, русловой поток, водохранилище.*

REGIMUL TERMIC AL APELOR NISTRULUI PE SEGMENTUL TRANSFRONTALIER

În articol sunt analizate legăturile formării regimului termic al apelor râului Nistru, fiind estimată influența complexului hidrotehnic de la Novodnestrovsk. Este evidențiată neomogenitatea termică a apelor râului pe teritoriul Republicii Moldova, fiind analizate datele actuale și retrospective.

Cuvinte-cheie: *regim termic, schimbări temporale, dinamică sezonieră, curs de apă, bazin de acumulare.*

THERMAL REGIME OF WATER ON TRANS-BORDER LEVEL OF DNISTER

The article is devoted to the formation of the modern temperature regime of the Dniester waters and assessment of the impact of the Dniester hydroelectric complex. It is revealed heterogeneity of temperature indicators of the waters on the Moldovan part of the river. It was made a comparative analysis of current and retrospective data.

Keywords: *the thermal regime, temperature indicators, spatial and temporal variability, seasonal dynamics, the riverbed stream, tank.*

Введение

Термический режим природных вод является важным фактором, в значительной степени формирующим качество водных ресурсов, интенсивность развития и видовой состав гидробионтов, скорость химико-биологических процессов самоочищения вод. Закономерные внутригодовые и многолетние естественные колебания температуры природных вод предопределяются физико-географическими условиями водосборного бассейна – балансом тепла и влаги, зависящим от климата, гидравлических и морфологических особенностей водного объекта. Техногенный прессинг водных ресурсов способен изменить их качество.

В современных условиях после сооружения в Украине Днестровского гидроэнергетического комплекса (ДГЭК), включающего каскад водохранилищ, водный сток Днестра считается практически полностью зарегулированным [1]. Он искусственно регулируется постоянными сбросами из Днестровского водохранилища через турбины ГЭС-1 или водосливы в нижний бьеф, в буферный водоём. Турбины ГЭС-1 заглублены до придонных горизонтов, температура которых постоянна и составляет в среднем 6°C – 8°C, что на 10 – 12° ниже, чем на поверхности. Проходя транзитом 19,8 км по буферному водохранилищу, начинающемуся сразу за плотинной Днестровского водохранилища, водный сток через плотину ГЭС-2 входит на территорию Молдовы – в Наславчу, но при этом водные массы не успевают прогреваться или охлаждаться до естественных температурных показателей, поскольку водоём характеризуется большой проточностью и скоростями течения, достигающими 2,5 м/с [2]. Это обусловило термическое загрязнение днестровских вод, которое прослеживается до Дубоссарского водохранилища, а при больших объемах попусков достигает низовий реки [3].

Нарушение естественного термического режима Днестра негативно сказывается на развитии гидробионтов, обуславливает снижение разнообразия и изменение внутригодовой динамики фито- и зоопланктона, зообентоса, предопределяет задержку нереста и развития рыб [4 – 7].

Предстоящее введение в эксплуатацию Днестровской гидроаккумулирующей электростанции (ДГАЭС), граница которой соприкасается с государственной границей Молдовы, вероятнее всего

усилит негативное трансграничное воздействие на экологическую систему реки в пределах территории Республики Молдова. В связи с этим важно создать базу данных физико-химических показателей вод Днестра до полного завершения строительства ДГАЭС.

Цель исследований – изучить формирование современного термического режима днестровских вод трансграничного молдавского участка Среднего Днестра и оценить влияние на него Днестровского гидроэнергетического комплекса Украины.

Методы исследования

Объектом изучения являлся молдавский участок Среднего Днестра – от Наславчи до плотины Дубоссарской ГЭС, протяжённостью 310 км. Определения температуры днестровской воды проводили в полевых условиях при отборе проб для химических анализов 4 – 8 раз в году в период 2003 – 2010 гг. Для определений были использованы полевые приборы – Hanna (Portugal), Оксиметр (Россия), рН-Eh-t⁰C-метр (WTW). Периодически контролировали измерения показателей погружным водяным термометром. Стандартными створами наблюдения являлись Наславча, Косэуцы, Бошерница, приплотинный участок Дубоссарского водохранилища [8].

Для сравнительного анализа использованы опубликованные ежегодные материалы регулярных наблюдений Государственной гидрометеорологической службы Республики Молдова в период, предшествовавший вводу в эксплуатацию Днестровской ГЭС-1 и Днестровского водохранилища. Для ретроспективного анализа были отобраны два характерных створа Днестра, практически совпадающих со створами современных исследований, – г. Сороки (8,8 км ниже паромной переправы в Косэуцах) и плотина Дубоссарского водоёма [9]. Многолетние материалы Государственной гидрометеорологической службы Республики Молдова предварительно подвергались систематизации по створам и статистической обработке по каждому из них с $n = \pm 48$.

Проведенные исследования показали, что в 2005-2010 гг. характер температурных флуктуаций днестровских вод, приходящих на территорию Республики Молдова в с. Наславча, предопределял ход температуры на всем трансграничном участке Среднего Днестра. По длине участка при одинаковом и практически синхронном многолетнем ходе температур воды наблюдалось различие между русловым потоком днестровских вод и аккумулярованным стоком в достижении максимумов. Воды Дубоссарского водохранилища характеризовались более высокими их значениями, что обуславливалось более быстрым их прогревом (Рис.1).

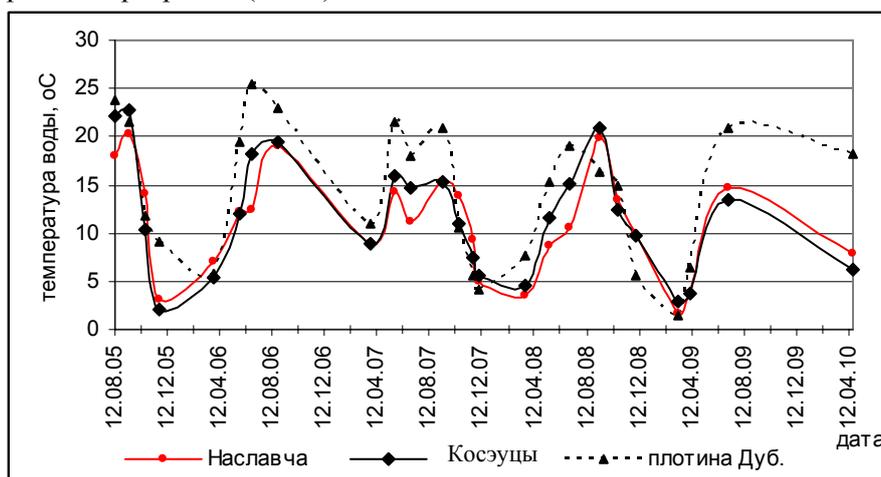


Рис.1. Хронологический ход температуры днестровских вод в 2005-2010 гг.

Максимальная температура приходящего из Днестровского водохранилища водного стока равнялась в среднем 21,1⁰C, минимальная составляла 1,6⁰C, нулевых показателей не наблюдалось. Через 90 км, в Косэуцах, диапазон многолетних колебаний температурного показателя отличался незначительно: максимальная температура в створе на 1,7⁰C превышала максимум в Наславче, достигая 22,8⁰C, а минимальная колебалась в пределах 2,0⁰C.

В Дубоссарском водоёме интервал изменчивости температурного показателя водных масс расширился: в разные годы его максимумы превышали температуру входящего потока на 5⁰C и более (Рис.1).

Входящий сток определял и внутригодовую динамику температуры воды на остальном участке Днестра; изменчивость по месяцам наблюдалась по длине водотока синхронно. Низкие значения температуры воды отмечались в феврале, апреле, ноябре, декабре. С мая по сентябрь температура воды в створах постепенно повышалась, возрастая от Наславчи к плотине Дубоссарской ГЭС. Наиболее интенсивный процесс прогревания фиксировался в Дубоссарском водоёме на месяц раньше, чем на остальных створах (Рис.2). В осенние месяцы, в октябре-ноябре, происходило охлаждение водных масс, которое начиналось более резко сразу ниже Наславчи.

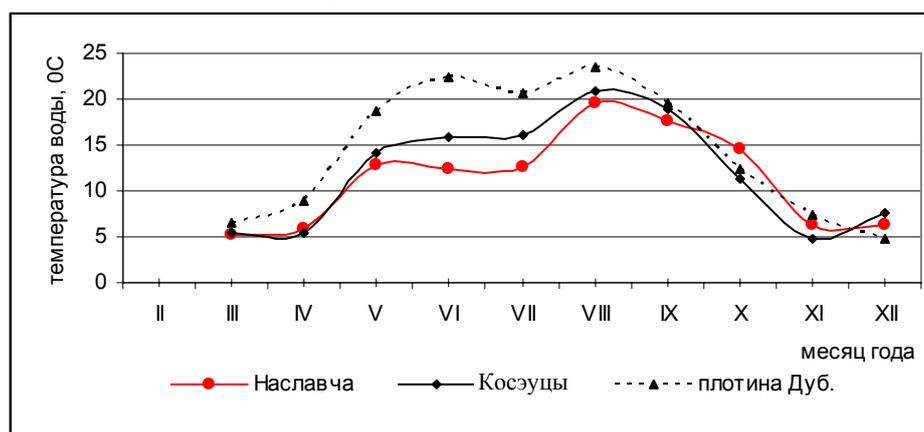


Рис.2. Внутригодовая изменчивость температуры днестровских вод в период 2005-2010 гг.

Сезонные изменения в общей сложности отражали особенность термики вод по месяцам и их динамику по длине молдавского участка Среднего Днестра. Зимой на входе в Молдову и на русловом участке реки до с.Косэуцы средние температуры воды составляли, соответственно, 6,0°C и 6,2°C, изменяясь практически с одинаковой амплитудой в интервалах 1,6 – 10,0°C и 2,0 – 9,7°C. В Дубоссарском водоёме температурные показатели отличались более низкими значениями и меньшими диапазонами колебания. В Бошернице температура воды зимой в среднем была 5,4°C и варьировала от 4,4 до 6,5°C, в самом глубоком месте водоёма – у плотины Дубоссарской ГЭС – она изменялась в интервале 4,1 – 5,6°C при средней за сезон 4,9°C. Весной в исходном створе и в русловом потоке (Наславча, Косэуцы) усредненная за сезон температура воды мало отличалась от зимней; в Дубоссарском водохранилище температура воды увеличивалась в среднем до 7,0 – 7,3°C (Табл.1). В летний период отмечался постепенный прогрев водных масс по направлению от исходного створа к Дубоссарской ГЭС. В приходящем в Наславчу стоке температурные показатели колебались в интервале 10,5 – 21,1°C, при средней за сезон 15,0°C. К створу Косэуцы вода в тёплый период года прогревалась в среднем до 16,7°C, варьируя в диапазоне 12,1°C – 22,8°C. В Дубоссарском водоёме – в Бошернице и у плотины, средние значения за сезон составляли 20,5°C – 20,6°C при интервалах колебания в Бошернице от 13,9 до 26,0°C и в приплотинной части водоёма от 15,7°C до 25,4°C. Осенью на изучаемом участке Днестра наблюдалось снижение температуры. На входе в Молдову и через 90 км, в русловой части водотока, в Косэуцах, показатели характеризовались одинаковыми средними значениями 11,5 – 11,6°C с более широким диапазоном варьирования в Наславче. В Дубоссарском водохранилище осенние температуры в среднем за многолетний период были ниже, чем в русловом течении Днестра, и составляли в Бошернице 9,5°C, перед плотинной ГЭС – 10,4°C (Табл.1).

Необходимо отметить наблюдавшиеся в 2005, 2006, 2007 и 2008 годах эпизодические резкие повышения летних температур днестровских вод, входящих в Наславчу. Они совпадали по времени со сбросами из Днестровского водохранилища больших объёмов стока, обусловленными необходимостью предполоводной и передпаводочной сработкими и для осуществления плановых экологических, репродукционных и санитарных попусков. Приходящий на большой скорости сток с высокой нехарактерной для Наславчи температурой около 20°C и следовавший за этим пропуск его через плотину в Дубоссарах обуславливали установление на некоторый период одинаковых температур воды на всём отрезке реки от Наславчи до плотины, что при расчётах отражалось на показателях средних температур. Предположительно случаи летних экстренных сбросов стока происходили на фоне изменения

режима эксплуатации Днестровского водохранилища, при котором увеличение сбросных объёмов происходило одновременно как с осуществлением попусков через гидротурбины ГЭС-1 из низкотемпературных придонных слоев, так и через водосливы плотины из поверхностных прогретых горизонтов. В тех случаях, когда прогретые слои по объему превосходили «холодный» приток, тепловые показатели вод, сбрасываемых в буферное водохранилище, берущее начало в нижнем бьефе Днестровского водохранилища, возрастали и с небольшими изменениями транзитом поступали в Наславчу. Небольшой по протяжённости (19,8 км) буферный водоём, характеризуясь высокой скоростью проходящего по нему днестровского потока (до 2,5 м/с) и «исключительной проточностью» с периодом водообмена до одних суток, обуславливал поступление сбросных вод в Наславчу без существенного изменения тепловых показателей, оказывая влияние на термический режим реки [2].

Таблица 1

Характеристика температурного режима днестровских вод на участке Среднего Днестра

Створ наблюдения	Сезонная динамика, °С				Средние годовые температуры воды варьирование в 2005-2010 гг.
	<i>зима</i> XII-II	<i>весна</i> III-IV	<i>лето</i> V-VIII	<i>осень</i> IX-XI	
Наславча	<u>6,0±2,12</u> 1,6-10,0	<u>6,6±1,18</u> 1,6-9,0	<u>15,0±0,86</u> 10,5-21,1	<u>11,5±1,85</u> 3,2-15,2	<u>12,4±0,98</u> 1,6-21,1
Косэуцы	<u>6,2±1,63</u> 2,0-9,7	<u>6,3±1,02</u> 2,8-9,0	<u>16,7±1,24</u> 12,1-22,8	<u>11,6±2,04</u> 7,5-12,5	<u>12,5±1,24</u> 2,0-22,8
Бошерница	<u>5,4±1,38</u> 4,4-6,5	<u>7,0±1,40</u> 2,8-18,0	<u>20,5±0,73</u> 13,9-26,0	<u>9,5±2,23</u> 3,4-15,0	<u>15,2±1,33</u> 2,8-26,0
Перед плотинной Дубоссарской ГЭС	<u>4,9±0,48</u> 4,1-5,6	<u>7,3±1,51</u> 1,5-11,6	<u>20,6±0,60</u> 15,7-25,4	<u>10,4±1,48</u> 5,5-14,8	<u>15,6±1,23</u> 1,5-25,4

Влияние ДГЭК на температурные характеристики водных ресурсов прослеживалось на всём транзитном участке Среднего Днестра. В водах руслового потока повторялась внутригодовая и сезонная изменчивость термических параметров, характерных для вод, входящих в Наславчу, фиксировались сходные величины средних зимних, весенних, осенних значений температуры воды и средних годовых показателей за многолетний период наблюдений. Лишь в Косэуцах летний показатель превышал наблюдавшийся в Наславче на 1,7°С (Табл. 1).

Повышенная температура воды зимой, весной и осенью со сходными диапазонами колебаний во времени в Наславче и в русловом потоке Днестра формировалась под влиянием сработок из нижних горизонтов Днестровского водохранилища, температура которых (6 – 8°С) оказывалась выше природных сезонных климатических характеристик региона. Приходя в Наславчу, эти воды способствовали повышению тепловых показателей водного стока ниже начального створа. В Дубоссарском водоёме воды успевали охлаждаться. Температурные показатели зимних и осенних вод в среднем оказывались ниже русловых лишь на 1 – 1,6°С; летом водные массы прогревались в среднем до 20,5°С, что выше входящих на 4,8°С. Возрастание летних температурных показателей аккумулярованных вод обуславливалось как естественными, так и техногенными факторами. Акватория водоёма хорошо прогревалась в результате снижения скоростей течения и замедленного водообмена. Входящий из Днестровского водохранилища холодный приток, смешиваясь в водоёме с остаточными объемами прогретых водных масс, определял их усреднённый температурный фон.

Иными словам, воздействие эксплуатации ДГЭК на современный температурный режим водных ресурсов трансграничного участка Среднего Днестра проявлялось в увеличении средних сезонных температурных характеристик вод зимой, весной и осенью, что не соответствовало природно-климатическим условиям региона.

Анализ ретроспективных данных термического режима вод, формировавшегося в период 1977-1980 гг., до введения в эксплуатацию в Украине Днестровского гидроэнергетического комплекса

(ДГЭК), позволил выявить характерную особенность, сохраняющуюся по длине исследованной части Среднего Днестра.

В межгодовой и пространственной изменчивости температурных показателей днестровских вод от г. Сороки (8,8 км ниже с. Косэуцы) до приплотинного участка Дубоссарской ГЭС наблюдались их синхронные колебания. Многолетний ход температур воды обоих створов характеризовался одновременностью подъёмов/спадов и идентичностью их конфигурации (Рис.3).



Рис.3. Межгодовая и пространственная изменчивость температурных показателей днестровских вод в 1977-1980 годах.

Внутригодовая температура вод изменялась от нулевых и низких значений, фиксируемых в декабре–январе–феврале; подъём происходил в марте; достижение максимального прогрева наступало летом в июле – августе. Начиная с середины сентября, отмечалось резкое охлаждение вод в русловом потоке и плавное в водных массах Дубоссарского водоёма. Динамика отражала сходство для вод обоих изученных створов (Рис.4).

В 1977-1980 гг. фиксировались весьма близкие по величине многолетние средние сезонные показатели температур днестровских вод на всем изучаемом участке реки от г. Сороки до плотины Дубоссарской ГЭС. Наименьшие и одинаковые для изученных створов характеристики наблюдались в зимнее и весеннее время года. Зимой они составляли 1,0°C и варьировали от нулевых значений до 4,6 – 5,7°C; весной при показателе 3,8°C – 3,9°C колебались от нулевых значений до 12,7°C (Табл. 2).



Рис.4. Внутригодовая изменчивость температурных показателей в 1977-1980 гг.

Летом по русловому участку проходили воды с температурой в среднем 18,9°C, в водохранилище она повышалась на 0,5°C и составляла 19,4°C. Осенью в русловом потоке происходило охлаждение

вод в среднем до 8,2°C. В Дубоссарском водохранилище водные массы остывали медленнее и их температура была на 1,5°C выше. В среднем за многолетний период (1977-1980 гг.) годовые температуры воды в г. Сороки и приплотинной части водохранилища отличались незначительно – на 0,6°C, составляя, соответственно, 10,5°C и 11,1°C (Табл.2.).

Синхронность и схожесть тепловых показателей вод, отмеченные при анализе данных 1977-1980 гг., позволили предположить, что до ввода в эксплуатацию ДГЭК температурный режим вод от Наславчи до плотины Дубоссарской ГЭС формировался в единой водной системе. Для неё были характерны одинаковый многолетний пространственный ход температур, схожие внутригодовые и сезонные показатели и диапазоны колебаний тепловых показателей вод, что предопределялось достаточной прочностью водного стока, обеспечиваемой режимом эксплуатации Дубоссарского водоёма.

Таблица 2

Сезонные средние значения и диапазоны варьирования температуры днестровских вод в период 1977-1980 гг.

Створ	<i>Зима (декабрь- февраль)</i>	<i>Весна (март- апрель)</i>	<i>Лето (май- сентябрь)</i>	<i>Осень (октябрь- ноябрь)</i>	Среднегодовые температуры воды варьирование в 1977-1980 гг.
Русловый участок Днестра (8,8 км ниже с. Косэуцы)	<u>1,0±0,64</u> 0,0-5,7	<u>3,9±2,05</u> 0,0-12,7	<u>18,9±0,84</u> 14,8-24,5	<u>8,2±1,86</u> 2,0-13,1	<u>10,5±1,43</u> 0,0-24,5
Дубоссарское водохр., 0,4км выше плотины	<u>1,0±0,53</u> 0,0-4,6	<u>3,8±1,79</u> 0,0-10,0	<u>19,4±0,74</u> 14,0-24,0	<u>9,7±1,67</u> 3,7-14,7	<u>11,1±1,45</u> 0,0-24,0

Выводы

Сравнение современных и ретроспективных многолетних данных позволило оценить влияние искусственного регулирования стока каскадом водохранилищ ДГЭК, а также режима эксплуатации Днестровского водохранилища, на термику Среднего Днестра. Это проявлялось в пространственной неоднородности температурных показателей вод, в несхожести межгодовой, внутригодовой и сезонной изменчивости температуры вод руслового участка и стока, аккумулируемого в Дубоссарском водоёме.

Выявлены различия в термическом режиме вод руслового и зарегулированного участков Днестра, обусловленные отличающимися гидродинамическими условиями и степенью влияния ДГЭК.

Русловый участок (Наславча – Косэуцы), расположенный в зоне непосредственного воздействия техногенного фактора, принимал неизменённый, входящий на большой скорости сток Днестровской ГЭС-1.

В Дубоссарском водоеме, в результате замедленного водообмена, скорости входящего потока гасились, происходило смешение поступающих вод с остаточными объемами аккумулированного стока. Эти факторы предопределяли температурные характеристики вод.

В современных условиях произошли изменения в температурном режиме днестровских вод. Зафиксировано увеличение значений сезонных температур с превалярованием их зимой и осенью в водах русловой части реки. Зимой в русловом потоке и в Дубоссарском водоёме превышение составляло, соответственно, 5,2°C и 3,9°C, весной – 2,4°C и 3,5°C, осенью превосходило показатели 1977-1980 гг. на 3,4°C и 0,7°C. В настоящее время летний температурный показатель вод в русловой части реки по сравнению с ретроспективными данными снизился в среднем на 2,2°C и повысился в аккумулируемом стоке на 1,2°C.

Средние многолетние годовые температуры вод русловой и зарегулированной частей Среднего Днестра в настоящее время выше значений 1977-1980 гг. на 1,6-4,5°C соответственно.

Библиография:

1. ГОНТАРЕНКО, В.Н. Водные ресурсы р. Днестр сегодня. В: Тез. докл. Межд. конферен. «*Эколого-экономические проблемы Днестра*». Одесса: ИНВАЦ, 1997. 64-65 с.
2. ЯЦЫК, А.В., ТОМИЛЬЦЕВА, А.И. *Правила эксплуатации Днестровского водохранилища*. Киев: УНИИВЭП, 2006. 178 с.
3. ЗУБКОВ, Е. Влияние гидростроительства на экологическое состояние реки. В: *Akademios*, 2007, №(2-3), с.53-57. ISSN 1857-0461
4. ШАРАПАНОВСКАЯ, Т.Д. *Экологические проблемы Среднего Днестра*. Кишинев: Экологическое общество «Биотика», 1999. 88 с. ISBN 9975-78-025-3
5. ЧЕПУРНОВА, Л., ТОДЕРАШ, И., ШАПТЕФРАЦЬ, И. Регресс, сукцессия и адаптация популяций рыб в приплотинном участке Дубоссарской ГЭС. В: *Analele Științifice ale USM*. Seria: „Științe ale naturii”. Chișinău, CEP USM, 2002, с.101-105. ISBN 9975-70-145-0
6. БРУМА, И.Х., УСАТЫЙ, М.А., ШАРАПАНОВСКАЯ, Т.Д. Изменение ихтиофауны Среднего Днестра под воздействием Днестровского гидроузла. В: *Эколого-экономические проблемы Днестра*. Одесса: ИНВАЦ, 1997, с.28-30.
7. ГУЛЯЕВА, О.А. О влиянии Днестровского энергетического комплекса на температурный и кислородный режимы Днестра. В: *Managementul bazinului transfrontalier Nistru în cadrul noului acord bazinal: Conf. intern.* Chișinău: Eco-Tiras, 2013, с.77-82.
8. GOREACEVA, N., GLADCHI, V., BUNDUCHI, E., BORODAEV, R., MARDARI, I. Ионный состав и жесткость вод среднего Днестра. В: *Revistă științ. Studia Universitatis*. Seria „Științe ale naturii”. Chișinău, CEP USM, 2007, nr.1, p.233-339. ISSN online 1857-498X
9. *Государственный водный кадастр. Поверхностные воды. Серия 2. Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши 1977-1980 гг.* Кишинев. Молд.респ. управление по гидрометеорологии и контролю природной среды.

Примечание: Исследования были проведены в рамках проектов 06.411.040A „*Procesele redox catalitice în tehnologii mai pure și mediul ambiant*”; 09.832.08.06A „*Rolul afluenților asupra formării calității apelor fluviului Nistru și studiul calității apei izvoarelor/cișmelelor din bazinul Nistrului ca surse de alimentare cu apă și pentru irigare*”; MOG1-3055-CS-03 (CRDF/MRDA) „*Studiul al stării redox a apelor fluviului Nistru*”; 11.817.08.46A „*Studiul proceselor ecochimice și elaborarea tehnologiilor de tratare a mediului ambiant*”; 11.832.08.08A „*Rolul afluenților în formarea compoziției chimice a apelor fluviului Nistru și izvoarele din bazinul r.Nistru ca ecosisteme naturale și surse de apă potabilă și pentru irigare*”.

Prezentat la 01.11.2016