

## Будник С.В. ДИССИПАЦИЯ ЭНЕРГИИ В СКЛОНОВЫХ ВОДОТОКАХ

Диссипация энергии представляет собой затраты механической энергии на преодоление сопротивления движению, сопровождающиеся превращением части механической энергии в тепловую [6,11,12]. Изучение данного вопроса актуально в связи с исследованием равновесных состояний систем и их устойчивости [6,14]. Х.И. Захаров читает [8], что при турбулентном движении диссипация механической энергии происходит за счет передачи энергии внешних сил осредненному движению. Энергия осредненного движения частично передается пульсационному движению и частично (до 60-70% при равномерном установившемся движении в трубе) превращается в теплоту. Энергия пульсационного движения в конечной стадии превращается в тепловую и рассеивается. Для рек исследования диссипации энергии проводились Д.И. Гринвольдом, В.И. Никорой [6,14 и др.], Е.Н. Долгополовой [7] и др. Для склоновых водотоков этот вопрос практически не рассматривался. В [3] была приведена оценка величины диссипации энергии при талом стоке. В настоящей работе проводится оценка величин диссипации энергии в склоновых водотоках формирующихся как при снеготаянии, так и при ливнях.

Величину средней диссипации энергии определяли по формуле согласно [6]:

$$E = gvI,$$

g – ускорение силы тяжести, v – скорость потока, I – уклон водной поверхности.

Наблюдения проводились в опытном хозяйстве Института охраны почв УААН "Ударник" Лутугинского р-на Луганской обл. на черноземах обыкновенных на лессах, в Краснодарском р-не на черноземах на лессах, песках и мергелях, в Обуховском и Бориспольском р-не Киевской обл. на серых лесных почвах на лессе и Киево-Святошинском р-не на черноземах типичных на легком суглинке.

В качестве объектов наблюдения была принята сеть ручейков, формирующихся непосредственно на склоне, заравниваемая при обработке почвы сельскохозяйственными машинами (т.е. первичная ручейковая сеть). По длине ручейка назначалось несколько створов измерения в зависимости от длины ручейка.

Измерения проводились в основном в соответствии с рекомендациями гидрометслужбы, за некоторым исключением в соответствии с особенностями изучаемых водотоков. Скорость воды при невысокой мутности определялась жидкостями – индикаторами, при высокой – поплавками, при талом стоке для глубин потоков более 0,01м применялась также микровертушка Х-6-М, в условиях ливневого стока её применение оказалось невозможным из-за высокой мутности воды. Пробы воды на мутность отбирались батометром, принцип работы которого напоминает работу лабораторной груши. Измерение уклонов водной поверхности проводилось прибором нашей конструкции, основанном на принципе действия геодезических уровней [2].

Выборка наблюдений за талым стоком (1996–2002 гг.) составила 316 измерений. Измерения проводились в различные по водности годы и при различных типах снеготаяния. За исследуемый период расход воды варьировал в пределах 0,0000043–0,0577 м<sup>3</sup>/с, мутность воды – 0–99,99 кг/м<sup>3</sup> (табл.1), скорость воды – 0,0182–1,492 м/с, максимальная глубина воды – 0,004–0,11м, диссипация энергии изменялась в пределах 1,8•10<sup>-7</sup>–1,903 м<sup>2</sup>/с<sup>3</sup> при коэффициенте вариации Cv = 1,63, коэффициенте асимметрии Cs = 0,063.

Измерения характеристик стока воды и наносов от ливней проводились нами в водотоках на склонах в период 1997–2002 гг. Поскольку ливневый сток в натуральных условиях замерить крайне сложно из-за его непродолжительности, нами проводились систематические наблюдения за выпадающими осадками в течение теплого периода года (с мая по август). Замеры в створах проводились систематически при повторном выпадении дождей. Общее число измеренных расходов воды при ливневом стоке в 36 створах на 14 водотоках составляет 104. Полученные нами данные представляют собой пространственно – временной ряд.

Исследуемые водотоки при ливневом стоке характеризовались следующими величинами гидравлических параметров: расходы воды в водотоках колебались от 1,8•10<sup>-6</sup> до 0,0945 м<sup>3</sup>/с, мутность воды - 0,587 - 434,74 кг/м<sup>3</sup> (табл.2) скорость воды - 0,015 - 1,5 м/с, максимальная глубина воды - 0,003-0,08 м. Диссипация энергии изменялась в пределах 6,4•10<sup>-6</sup> – 0,814 при Cv=1,23, Cs=-0,013.

В табл.1 и 2 представлен диапазон изменения диссипации энергии по длине склона, уклону, на различных агрофонах и почвенных разностях.

Величины диссипации энергии в склоновых водотоках на несколько порядков превышают те же величины для рек. К примеру, по [7], для рек Киржач и Полометь осредненные по глубине значения диссипации энергии составляют соответственно 0,0006 и 0,006 м<sup>2</sup>/с<sup>3</sup>. Вероятно, для водотоков на склонах характерен более интенсивный переход механической энергии в тепловую.

Анализ эмпирических кривых обеспеченности дифференцированных по характерным диапазонам влияющих факторов показал следующее.

Агрофон оказывает влияние на величину диссипации энергии. Так, если при талом стоке агрофона в порядке убывания величины диссипации энергии располагаются следующим образом: озимые, язьб, многолетние травы, то при ливнях – естественное кормовое угодье, многолетние травы, пар, полевая дорога, пропашные и зерновые колосовые.

**Таблица 1.** Изменчивость гидравлических и морфометрических характеристик склоновых водотоков при снеготаянии

Фактор	Диапазон изменения факторов	Мутность воды, кг/м <sup>3</sup>	Расходы воды, м <sup>3</sup> /с	Диссипация энергии, ε м <sup>2</sup> /с <sup>3</sup>	Cv ε
Длина склона, м	2-50	0-86,63	0,0000043-0,00561	0,00000018-0,244	0,88
	51-90	0-99,99	0,000026-0,00204	0,00111-0,254	0,77
	91-150	0,063-70,13	0,0000086-0,00886	0,0023-0,331	0,66
	151-350	0-76,41	0,0000213-0,021	0,000343-0,805	1,25
	351-543	0-97,00	0,000233-0,0577	0,000299-1,9	1,06
Уклон склона, ‰	10-50	0-97,00	0,0000336-0,021	0,00034-0,393	0,93
	51-100	0-99,99	0,0000043-0,0577	0,00000018-1,9	1,71
	107-170	0-27,83	0,000025-0,00066	0,00111-0,244	1,25
Агрофон	Зябь	0-97,00	0,0000086-0,021	0,00000018-0,393	0,93
	Озимые	0-99,99	0,0000043-0,00151	0,000299-1,9	1,68
	Многолетние травы	0-32,87	0,0000251-0,00279	0,000343-0,272	1,03
Почвогрунты	Мергель	0-27,83	0,0000676-0,000191	0,00111-0,135	1,15
	Чернозем обыкновенный на слабо мощном лесе, подстилаемом мергелем	0-5,53	0,0000588-0,00163	0,000343-0,14	1,23
	Чернозем обыкновенный на песках	2,26-70,13	0,000166-0,021	0,0023-0,292	0,85
	Чернозем обыкновенный на лесе	0-86,63	0,0000043-0,00392	0,00000018-0,331	0,84
	Чернозем типичный на легком суглинке	0,173-97,00	0,000201-0,0577	0,000299-1,9	1,0
	Серые лесные	2,55-99,99	0,0000213-0,00047	0,0135-0,219	0,76
Тип снеготаяния	Солярно-адвективный	0-97,0	0,0000135-0,021	1,79·10 <sup>-7</sup> -0,393	1,0
	Солярный	0-86,6	8,6·10 <sup>-6</sup> -0,0039	0,00378-0,331	0,71
	Адвективный	0-99,99	4,3·10 <sup>-6</sup> -0,0577	5,56·10 <sup>-7</sup> -1,9	1,64

**Таблица 2.** Изменчивость гидравлических и морфометрических характеристик склоновых водотоков при ливнях

Фактор	Диапазон изменения факторов	Мутность воды, кг/м <sup>3</sup>	Расходы воды, м <sup>3</sup> /с	Диссипация энергии, ε, м <sup>2</sup> /м <sup>3</sup>	Cv ε
Длина склона, м	4-50	1,34-289,83	1,8·10 <sup>-6</sup> -0,0099	6,38·10 <sup>-6</sup> -0,185	0,94
	50-90	0,587-176,08	0,0000146-0,0188	2,5·10 <sup>-5</sup> -0,814	1,27
	140-300	3,32-434,74	0,0000092-0,0945	1,08·10 <sup>-5</sup> -0,589	1,05
Уклон склона, ‰	12-50	0,586-25,36	0,0000146-0,0188	6,38·10 <sup>-6</sup> -0,185	1,30
	51-100	2,21-289,83	1,8·10 <sup>-6</sup> -0,0099	0,000142-0,179	0,79
	100-165	3,32-434,74	0,0000092-0,0945	1,08·10 <sup>-5</sup> -0,589	1,03
	250-300	9,44-176,1	0,0000158-0,0023	0,053-0,814	0,61
Агрофон	Пар	2,21-41,71	1,810 <sup>-6</sup> -0,0099	0,0002-0,18	0,81
	Пропашные	5,27-289,83	0,0000121-0,0003	6,38·10 <sup>-6</sup> -0,1	1,08
	Многолетние травы	2,58-19,03	0,0000429-0,0188	1,08·10 <sup>-5</sup> -0,22	0,75
	Естественное кормовое угодье	6,67-434,74	0,0000092-0,0945	0,000104-0,814	1,06
	Зерновые колосовые	0,587-4,04	0,0000146-0,00615	2,45·10 <sup>-5</sup> -0,185	1,89
	полевая дорога	5,714-24,33	0,0000831-0,000741	0,000142-0,0667	0,69
почвогрунты	Мергель	6,67-434,7	9,2·10 <sup>-6</sup> -0,0945	0,000104-0,814	1,08
	Чернозем обыкновенный на мергеле	3,32-38,43	0,0000429-0,00408	1,08·10 <sup>-5</sup> -0,343	0,67
	Чернозем обыкновенный на лесе	2,58-289,83	1,8·10 <sup>-6</sup> -0,0188	0,000142-0,181	0,91
	Чернозем обыкновенный на песках	0,587-5,27	0,0000146-0,00615	2,45·10 <sup>-5</sup> -0,185	1,68
	Серые лесные на лесе	21,93-48,13	0,0000121-0,000287	6,38·10 <sup>-6</sup> -0,1	1,25

Тип почвы также оказывает влияние на величину ε, однако внутри подтипов почв различия ослабевают. Так, при снеготаянии ряд почв в убывающем порядке значений величины ε располагается следующим образом: чернозем типичный, серые лесные, чернозем обыкновенный на песках, чернозем обыкновенный на лесе, мергель, чернозем обыкновенный на мергеле. При ливневом стоке: мергель, чернозем обыкновенный на мергеле, чернозем обыкновенный на лесе, серая лесная и чернозем обыкновенный на песках. Если при талом стоке на мергелях и черноземе обыкновенном на мергеле величины ε минимальны, то при

## ДИССИПАЦИЯ ЭНЕРГИИ В СКЛОНОВЫХ ВОДОСТОКАХ

ливнях наоборот.

Тип снеготаяния также оказывает влияние на величину диссипации энергии. Так, при адвективном типе снеготаяния величина диссипации энергии наибольшая, при солярном типе снеготаяния – наименьшая, при солярно-адвективном типе снеготаяния  $\epsilon$  принимает промежуточные значения.

Режим (по числу Рейнольдса  $Re$ ) и состояние потока (по числу Фруда  $Fr$ ) оказывают одинаковое влияние на величины  $\epsilon$  при обоих типах формирования стока. Так, при числе Рейнольдса  $Re > 5000$  и  $Fr > 1$   $\epsilon$  максимально, при  $Re < 700$  и  $Fr < 1$  – минимально (рис.1).

Примечательно, что в склоновых водотоках при снеготаянии температура воды при  $Re > 5000$  и частично при  $Fr > 1$  ниже, чем при других режимах и состояниях потока (рис.2). При ливнях дифференциации кривых температуры воды по  $Re$  и  $Fr$  не наблюдается (температура воды здесь выше).

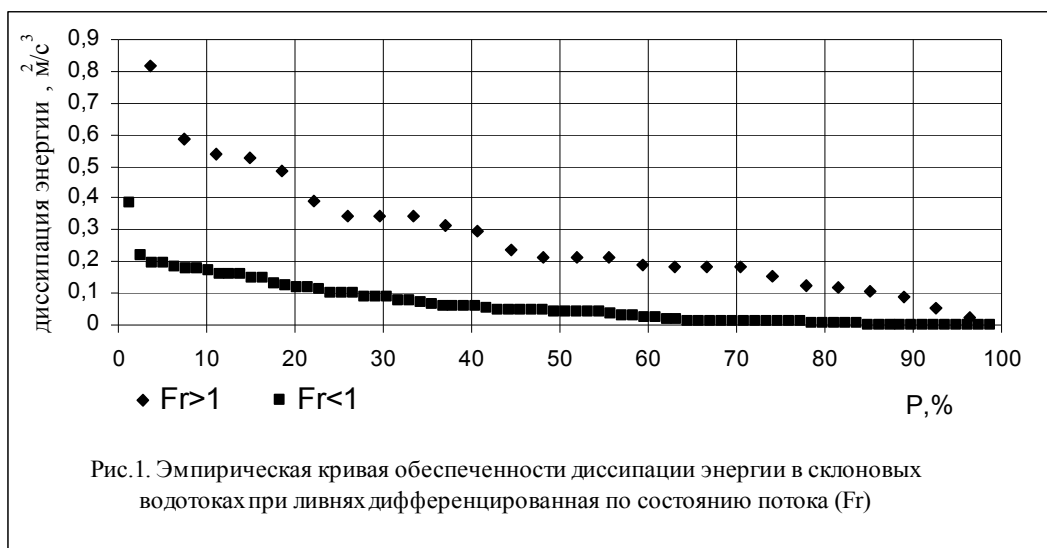


Рис.1. Эмпирическая кривая обеспеченности диссипации энергии в склоновых водотоках при ливнях дифференцированная по состоянию потока ( $Fr$ )

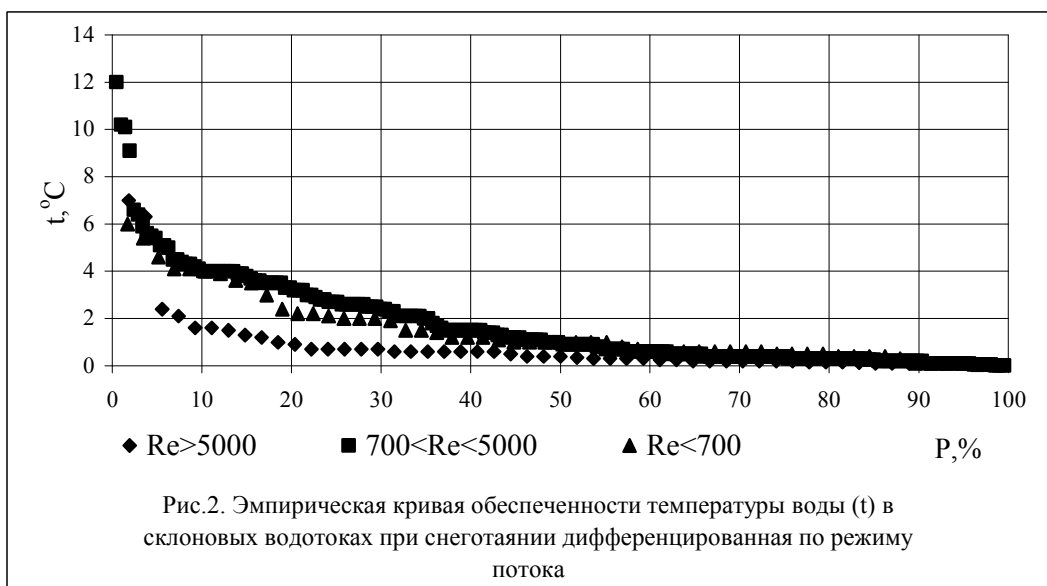


Рис.2. Эмпирическая кривая обеспеченности температуры воды ( $t$ ) в склоновых водотоках при снеготаянии дифференцированная по режиму потока

При бурном состоянии и турбулентном режиме диссипация энергии выше и тело (в данном случае вода) должна нагреваться. Поскольку при талом стоке вода охлаждается, а при ливнях различий в температуре для разных режимов и состояний потоков нет, тепловая энергия должна на что-то затрачиваться. Тепловую энергию всю превратить в механическую энергию нельзя [12], постулат диссипации энергии гласит: для каждого тела объемом  $V$  существует предельная скорость, с которой тепло может превращаться в энергию без совершения механической работы. Возможно, вырабатываемое тепло при бурном и турбулентном режиме идет на протекание химических реакций в потоке, т.к. в таких условиях поток более аэрирован и больше насыщен взвесями. Опыты по экстракции веществ в мешалках при различных соотношениях фаз и гидродинамических условий [10] показали, что при  $Re < 800$  экстракция веществ происходит в диффузионной области, а при больших значениях переходит в кинетическую область. Причем при

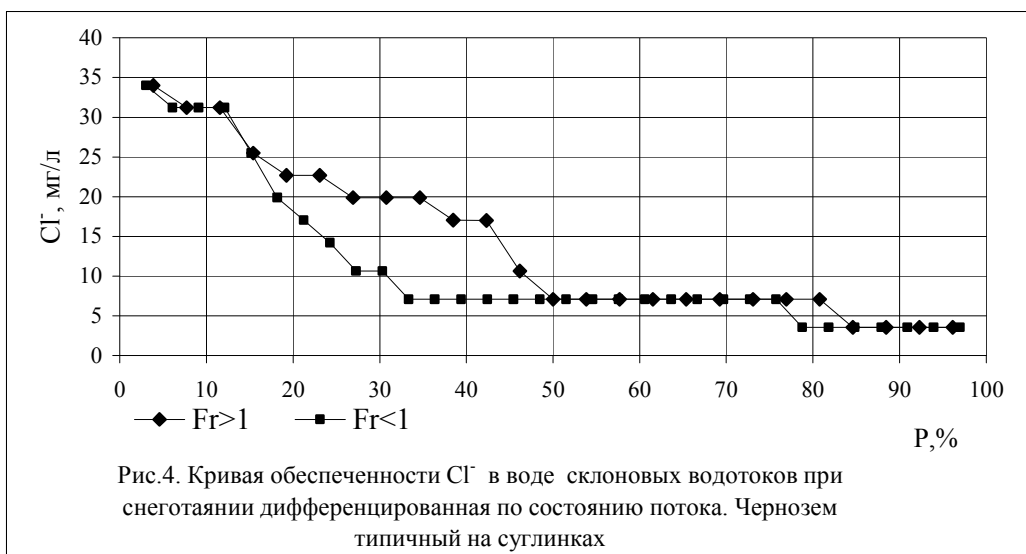
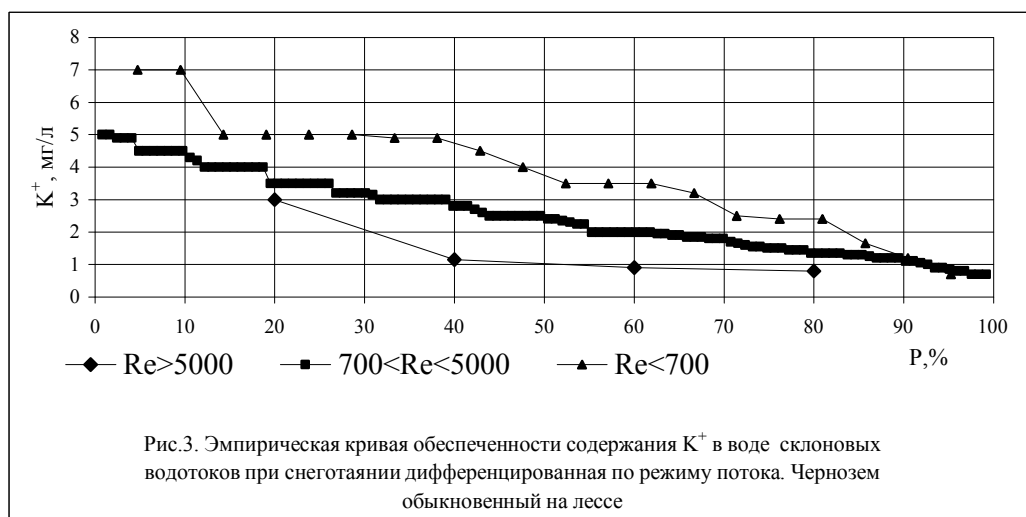
$Re > 1500$  точки зависимости концентрации от продолжительности процесса ложатся на одну кривую независимо от величины  $Re$ . То есть, при больших числах  $Re$  химические процессы протекают по другому принципу, чем при низких, и влияние интенсивности перемешивания на эти процессы также различно.

Вероятно, этим и объясняется тот факт, что на участках склона ближе к водоразделу влияние химической составляющей на размыв значимее чем динамической [4].

Влияние повышения температуры воды на размыв грунта в следствие интенсификации физико-химических процессов и изменения параметров турбулентности отмечено в [13]. Опыты проводились в лотке при температуре воды от 0 до 36°C.

Однако анализ кривых обеспеченностей pH воды и содержания химических элементов в воде склоновых водотоков при снеготаянии, дифференцированных по режиму и состоянию потока, показали, что при  $Re > 5000$  pH и содержание всех элементов в воде водотоков ниже, чем при  $Re < 700$  (рис.3). Для  $Fr > 1$  на черноземе обыкновенном на лессе pH воды ниже, чем при  $Fr < 1$ , а для чернозема типичного на легком суглинке наоборот – при  $Fr > 1$  pH воды выше, выше здесь и содержание в воде водотоков  $HCO_3^-$ . Содержание других элементов как на черноземе обыкновенном, так и на черноземе типичном безусловно зависит от числа  $Fr$ , что отражается в различиях в форме кривых для различных состояний потоков, однако однозначно сказать, при каком состоянии потока содержание веществ выше, нельзя (рис.4).

Агрофон и тип снеготаяния также влияют на содержание веществ в воде склоновых водотоков.



При ливнях же наоборот, при  $Re > 5000$ , а особенно четко это заметно при  $Fr > 1$  pH воды и содержание практически всех элементов выше, чем при ламинарном режиме и при спокойном течении, что говорит о преимущественном расходовании диссипации энергии при ливнях на химические реакции (рис.5). Кроме того, температурная обстановка при ливнях и талом стоке в корне отличается. При ливнях идет поступление холодной воды на прогретую солнцем почву, а при снеготаянии наоборот, более теплая вода

## ДИССИПАЦИЯ ЭНЕРГИИ В СКЛОНОВЫХ ВОДОСТОКАХ

поступает на промерзшую почву.

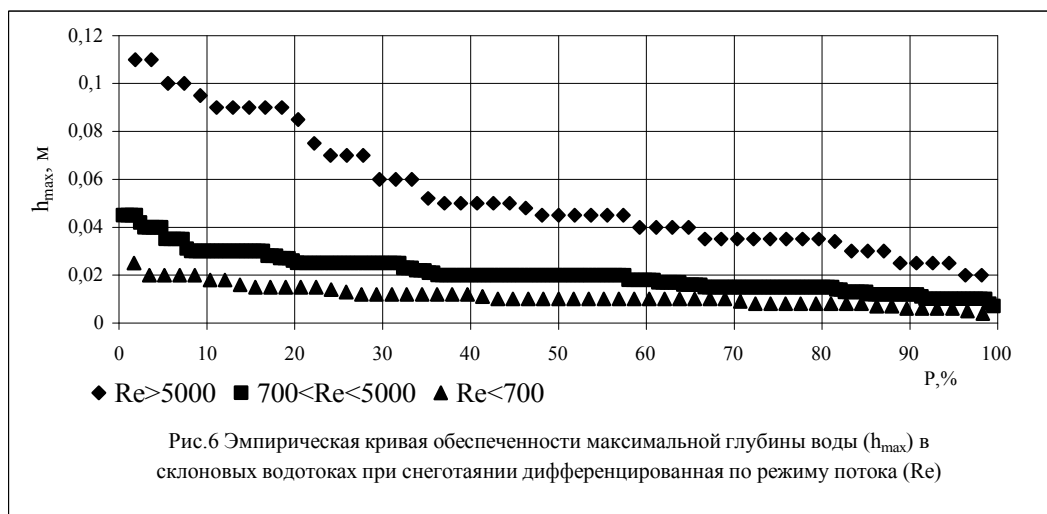
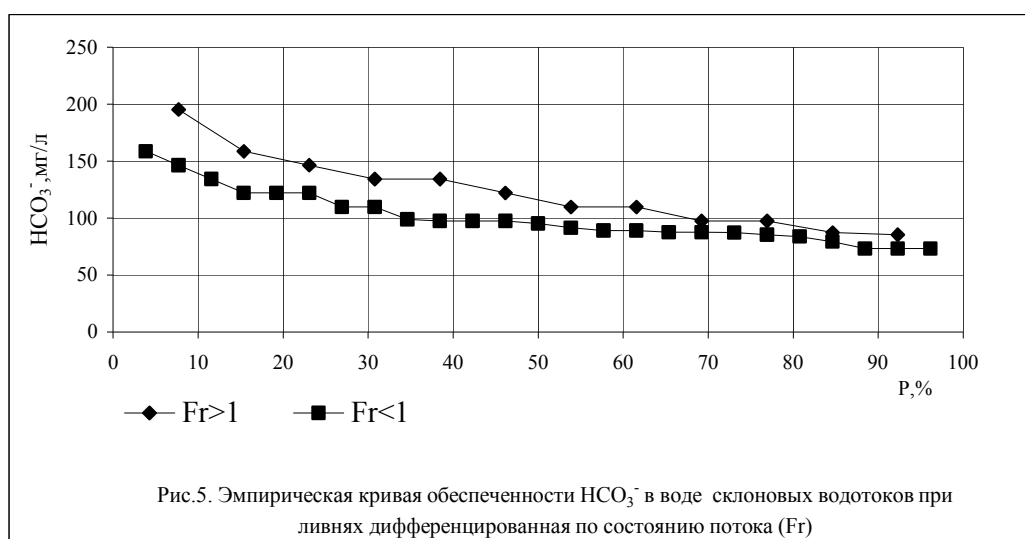
При интенсивном перемешивании в водотоке при снеготаянии наблюдается более интенсивный контакт воды с мерзлым грунтом, что усиливает размыв и уменьшает температуру воды. На отдачу водой тепла промерзшему ложу указывают опыты [5], где показано, что величина оттаивания ложа определяется скоростью водного потока и временем его воздействия, вязкостью и температурой воды. А в [1 и др.] отмечается, что практически вся продукция турбулентности и её диссипация сосредоточены вблизи стенки. Нужно также иметь в виду, что при таянии льда содержание карбонатов, сульфатов и хлоридов щелочных элементов и магния резко повышается в первых порциях расплава льда [9] и затем быстро снижается в последующих. Последние порции расплава имеют ничтожную концентрацию. Это связано с особенностями замерзания воды, с вытеснением химических соединений в наружные слои, которые замерзают последними, а оттаивают первыми.

Наши исследования показывают, что и при ливнях, и при талом стоке при  $Re > 5000$  максимальная глубина воды наибольшая (рис.6), как и при  $Fr > 1$ .

Выводы.

Диссипация энергии в склоновых водотоках выше, чем в реках.

Агрофон, тип почвы и тип снеготаяния оказывают влияние на величину диссипации энергии. Причем влияние агрофонов и типов почв для талого и ливневого стока отличается.



Режим и состояние потока на величину  $\epsilon$  при талом и ливневом стоке влияют одинаково. Расходование тепла от диссипирующей энергии при талом стоке направлено преимущественно на оттаивание ложа ручейка, а при ливневом стоке – на протекание химических реакций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Асланов П.В., Максимцев В.М. Баланс энергии турбулентных потоков растворов поверхностно-активных веществ // Вісник Донецького ун-ту, сер.А: природничі науки, вип.1. 2000. – С.93–97
2. Будник С.В. Измерение уклонов водной поверхности временных водотоков на склонах // Почвоведение, – 1999. – №5. – С. 585–586.
3. Будник С.В. Оценка параметров турбулентности склоновых водотоков // Водные ресурсы. – 2002. – № 3. – С. 319–321.
4. Будник С.В. Некоторые принципы размещения противоэрозионных сооружений на склонах с учетом их пространственной устойчивости / В зб.: Агрохімія і ґрунтознавство. – 2002. – Вип.63. – С.103–110.
5. Гоголев Е.С., Красавин А.Н. Определение коэффициента теплоотдачи на моделях ледяных русел // Метеорология и гидрология, – 1982. – № 9. – С. 83–88.
6. Гринвальд Д.И., Никора В.И. Речная турбулентность. – Л.: Гидрометиздат, 1988. – 152 с.
7. Долгополова Е.Н. Оценка энергетических характеристик речного потока // Водные ресурсы. – 1999. – Т. 26. – № 3. – С. 283–287.
8. Захаров Х.И. Расчет диссипации энергии волн перемещений // Доклады ВАСХНИЛ, 1986. – № 10. – С. 41–42.
9. Иванов А.В., Власов Н.А. Влияние криогенных процессов на формирование гидрокарбонатно-натриевых вод // Гидрохимические материалы. – 1974. – Т. 61. – С. 55–61.
10. Кропивницька Л.М., Перекупко Т.В., Максимович Г.С. Блажівський К.І. Вплив масового співвідношення між фазами та гідродинамічних умов на технологічні показники екстрагування хлориду натрію з гагітолангбейнітового залишку калійних виробництв// Вісник Нац. Ун-ту „Львівська політехніка”. – № 447 „Хімія, технологія речовин та їх застосування”, 2002. – С. 12–15.
11. Левицкий Б.Ф., Лещій Н.П. Гідравліка. Загальний курс. – Львів: Світ, 1994. – 264 с.
12. Люкшин Б.А., Герасимов А.В., Кректулева Р.А., Люкшин П.А. Моделирование физико-механических процессов в неоднородных конструкциях. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – 272 с.
13. Мирцхулава Ц.Е. Основы физики и механики эрозии русел. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 304 с.
14. Никора В.И. Речной поток как диссипативная система // Метеорология и гидрология. – 1981. – № 12. – С. 84–88

## Варварич О.Ю.

### ПРОЦЕС НОМІНАЛІЗАЦІЇ У ФОРМУВАННІ ІМЕННОЇ ГРУПИ

Центром (ядром) іменної групи є іменник, який потребує поширювачів (іменників, прикметників, дієприкметників тощо). Такі компоненти О.В. Падучева називає **актуалізаторами**, а множинність усіх об'єктів – **екстенсіоналом**. [6, с. 26]. Проте іменник – ядро може позначати не лише предмет або особу, але й дію, яка “мислиться сама по собі, абстрагована від предметів (осіб), які її виконують” [5, с. 5].

У подібних випадках реалізується процес **номіналізації** як особливий різновид трансформації, яка полягає у тому, що вихідні одиниці реченнєвої або суміжної з нею предикативної природи стають морфологізованим або функціональним (синтаксичним) іменником” [8, с. 383]. Вперше термін номіналізація використано в працях з проблем трансформаційної (генеративної) граматики у 2-ій половині ХХ століття.

Виходячи з визначення поняття, у сучасному мовознавстві виділяють повну та неповну номіналізацію. Під повною розуміють завершений тип субстантивації, внаслідок якої утворюється абстрактний віддієслівний іменник. Найчастіше такий вид номіналізації є характерним для наукових або публіцистичних текстів. Для художніх текстів більш поширеною є неповна номіналізація, що являє собою незавершений ступінь субстантивації. Таким чином, вихідне речення, переміщуючись у типову для іменника позицію, не перетворюється на морфологізований іменник, а лише у функціональному плані тотожне йому, Наприклад: ... *Хоча Ярина Федорівна і категорично була проти виїзду своєї доньки з Богодухова, але вона не могла не цікавитись, хто ж тікає на північ...* [9, с. 398].

Є.В. Красильникова, характеризуючи процес номіналізації, зауважує, що він являє собою насамперед “згоргання” предикації і використовується у мові головним чином задля того, щоб наповнити речення монопредикативної структури пропозитивним змістом. Отже, саме таким чином досягається більша насиченість речення пропозитивними блоками і створюється складна мережа семантичних відношень між ними. З іншого боку, номіналізація набуває форм різноступенєвої субстантивації [3, с. 99].

Є.В. Красильникова, розглядаючи процес номіналізації на основі розмовного мовлення, виділяє деякі тези, принципово важливі для зазначеного явища [3, с. 101]: 1. Номіналізація дозволяє уникати вказівки на відомий суб'єкт. 2. Вказівка на суб'єкт не потрібна завдяки його неозначеності у даній ситуації. 3. Дієслівні висловлювання, в яких позиція додатка зайнята словом, що позначає сам процес, утворює закриту конструкцію, яка не потребує поширення. Серед перерахованих вище позицій найбільш характерною для художніх текстів є лише третя теза.

Наприклад: ... *І котить шум моря і котить  
В сітки волейбольні, сюди,  
В полишені тенісні корти,  
В колишні гарячі сліди..* [2, с. 349].