

УДК 556.161

**Н.С. Лобода**, д.г.н., **М.П.Ехнич**, к.г.н.

*Одесский государственный экологический университет*

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕОФ- АНАЛИЗА ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПРЕДИКТОРОВ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛЕЙ ГОДОВОГО СТОКА ВЗВЕШЕННЫХ НАНОСОВ (НА ПРИМЕРЕ РЕК БАССЕЙНА Р. ДЕСНА)**

*На основе исследования статистической структуры полей взвешенных наносов в бассейне р. Десна установлено, что такие морфометрические характеристики водосборов как площадь водосбора, средняя высота и залесенность отражают основные закономерности пространственного распределения этих полей и могут быть использованы в качестве предикторов при разработке методики расчета характеристик стока взвешенных наносов для территорий, не освещенных данными наблюдениями.*

**Ключевые слова:** взвешенные наносы, морфометрические характеристики, весовые нагрузки.

**Постановка проблемы.** Проблема оценки расходов взвешенных наносов различных рек имеет большое значение для решения целого ряда задач гидротехнического строительства, например проектирования коммунального и промышленного водоснабжения, оросительных систем и др. В речные потоки наносы поступают в результате русловых размывов и эрозии почв на водосборах. Вопросы исследования процесса формирования стока взвешенных наносов в естественных условиях их формирования и при наличии на водосборах различного рода хозяйственных преобразований рассматривались многими авторами [1-4]. Естественными факторами формирования стока наносов являются виды почв, уклоны, интенсивность выпадающих осадков, к числу антропогенных факторов относят, прежде всего, вырубку лесов и распаханность водосборов.

Недостаток или отсутствие данных о стоке взвешенных наносов обуславливают необходимость разработки методов расчета на основе математических моделей, учитывающих основные факторы формирования стока наносов. Для исследования и выявления роли факторов, определяющих процесс формирования стока взвешенных наносов на уровне процессов различных масштабов, авторами был предложен метод разложения полей стока взвешенных наносов по естественным ортогональным функциям с последующим установлением связей между составляющими разложения и количественными показателями определяющих факторов. Соответствующие исследования проводились для верхней части бассейна Днестра, характеризующейся значительными различиями в уклонах и распаханности водосборов, а также наличием интенсивной вырубки лесов [5, 6].

**Целью предлагаемой работы** является установление основных предикторов формирования поля взвешенных наносов в бассейне р. Десна на основе использования метода главных компонент (разложения полей стока по естественным функциям).

**Материалы и методы исследований.** В работе использованы данные о годовом стоке взвешенных наносов 10 водосборов, расположенных в бассейне р. Десна. Продолжительность совместных наблюдений равна 20 годам и соответствует

периоду с 1956 г. по 1975 г. включительно. Основными методами исследования являются метод главных компонент (естественных ортогональных функций или ЕОФ), а также методы парной и множественной регрессии.

В исследованиях использовано положение о том, что первые компоненты разложения полей гидрометеорологических характеристик описывают наиболее крупномасштабные физические процессы, обуславливающие рассматриваемое явление. Весовые нагрузки на каждую составляющую разложения (компоненту) изменяются в пространстве и не являются функцией времени. Так весовой коэффициент  $\omega_{1j}$  характеризует вклад  $J$ -ой компоненты (а значит, и соответствующей ей физического процесса) в формирование рассматриваемой характеристики (в данном случае, стока взвешенных наносов) на  $i$ -ом объекте (водосборе). Число рассматриваемых компонент может быть ограничено. Как правило, рассматриваются компоненты, описывающие не менее 70% дисперсии исходных данных. Путем поиска связей между весовыми нагрузками  $\omega_{1j}$  на первые компоненты разложения полей гидрометеорологических величин по естественным ортогональным функциям и количественными показателями факторов, в той или иной мере, отражающих условия формирования стока взвешенных наносов на водосборе, можно выявить основные предикторы, удовлетворительно описывающие закономерности пространственного распределения исследуемых величин на уровне макро- и мезомасштаба при построении математических моделей.

**Результаты исследований и их анализ.** На основе разложения матрицы ковариации годового стока взвешенных наносов рек бассейна р. Десна по естественным ортогональным функциям (компонентам) получено, что первая составляющая разложения описывает 75% исходных данных, на вторую приходится 11% и на третью – 9% исходной информации. В сумме первые две компоненты описывают 86% дисперсии исходных данных, а первые три – 95%.

Поскольку на первую компоненту приходится основная часть информации, содержащейся в исходных данных, её временную составляющую (амплитудную функцию) можно использовать для описания основных закономерностей динамики стока взвешенных наносов во времени. Как известно [7], амплитудные функции главных компонент являются общими для всех водосборов, не зависят от координат и изменяются только во времени.

Хронологический ход первой амплитудной функции за период совместных наблюдений (1956-1975г.г.) показывает, что рассматриваемый период находится в области пониженного стока взвешенных наносов (рис.1) и соответствует ходу общей водности [8], характерной для этого региона Украины, где маловодная фаза водности длится с начала 40-х годов до середины 60-х годов прошлого столетия.

Знак весовых коэффициентов  $\omega_{1j}$ , оценивающих вклад первой компоненты разложения по ЕОФ в формирование стока взвешенных наносов  $i$ -ого водосбора, не изменяется. Это обычно интерпретируется как однонаправленное (одинаковое) воздействие первого по значимости физического процесса на формирование стока всех водосборов изучаемой территории [9]. На основе анализа знака весовых нагрузок на вторую компоненту разложения в гидрологических исследованиях делают вывод о степени синхронности колебаний изучаемой величины во времени. По этому признаку можно выделить бассейн р. Сейма, отличающийся более высокими отметками поверхности по сравнению с средней и нижней частями бассейна Десны.

Для поиска связей между весовыми нагрузками на первые три компоненты разложения по естественным ортогональным функциям и морфометрическими характеристиками использованы методы парной и множественной регрессии [7].



В качестве предполагаемых предикторов были выбраны следующие: координаты центров тяжести и средние высоты водосборов, залесенность и средневзвешенные уклоны [10].

На основе применения метода пошаговой регрессии установлено, что весовые нагрузки на первую компоненту разложения, соответствующую наиболее крупномасштабному процессу, зависят от площади водосбора  $F$  и его залесенности  $f_{лi}$ . Уравнение, описывающее эту связь, имеет следующий вид

$$\omega_{1i} = 0,0479 \lg F_i - 0,0018 f_{лi} - 0,0922, \quad R = 0,87, \quad (1)$$

где  $\omega_{1i}$  – весовые коэффициенты, отражающие вклад первой компоненты в формирование стока взвешенных наносов  $i$  – ого водосбора;  $F$  – площадь водосбора, км<sup>2</sup>;  $f_{лi}$  – залесенность  $i$  – ого водосбора, %;  $R$  – коэффициент множественной регрессии.

Весовые нагрузки на вторую компоненту  $\omega_{2i}$  связаны со средней высотой водосборов

$$\omega_{2i} = 0,0128 H_{ср} - 2,28, \quad r = 0,68, \quad (2)$$

где  $H_{срi}$  – средняя высота  $i$  –ого водосбора;  $r$  – коэффициент корреляции.

**Выводы.** Полученные зависимости позволяют сделать вывод о том, что определяющим фактором формирования годового стока взвешенных наносов рек бассейна р.Десна является площадь водосбора; чем больше площадь, тем большее количество продуктов эрозии почв поступает в русло реки. Залесенность, напротив, защищая почву от размыва, способствует снижению интенсивности эрозионных процессов. Роль такой морфометрической характеристики как средняя высота водосборов проявляется на уровне физических процессов меньшего масштаба, т.е. на уровне второго по значимости физического процесса, формирующего сток взвешенных наносов. Чем больше средняя высота водосборов, тем более значим вклад второй компоненты. Можно предположить, что средняя высота водосборов в определенной степени содержит в себе информацию об уклонах. Как правило, на территориях с большими отметками земной поверхности уклон склонов больше, чем на равнине.

Для третьей и других компонент более высоких порядков связь с морфометрическими и гидрографическими характеристиками не установлена.

Установленные закономерности пространственного распределения стока взвешенных наносов и полученные зависимости могут быть использованы для генерации хронологических рядов годового стока взвешенных наносов для рек бассейна р. Десна при отсутствии данных наблюдений.

### Список литературы

1. Бобровицкая Н.Н. Зависимость среднего многолетнего стока взвешенных наносов рек Европейской территории СССР от физико-географических факторов //Труды ГГИ – 1972. – Вып. 191. – с. 68-84.
2. Горецкая З.А. Закономерности распределения стока взвешенных наносов на территории Украины // Труды УкрНИИГМИ – 1974. – Вып.127. – с. 122-131.
3. Горецкая З.А. О стоке взвешенных наносов Украинских Карпат // Труды УкрНИИГМИ – 1971. – Вып.120. – С. 122-131.
4. Лисицына К.Н., Александрова В.И. Сток наносов рек Европейской территории СССР //Труды ГГИ – 1972. – Вып. 191. – С. 23-52.

5. Лобода Н.С., Ехнич М.П., Шаменкова О.И. Параметризация гидрологических процессов на основе метода главных компонент // Наукові праці УкрНДГМІ. – Вип.251. – К.: Ніка-Центр. -2003. – С.32-37.
6. Лобода Н.С., Ехнич М.П. Выделение основных факторов формирования стока наносов с применением метода главных компонент // Тезисы докладов VI Всероссийского гидрологического съезда (28 сентября-1 октября 2004г.). – Санкт-Петербург. – 2004. – С.94-96.
7. Школьный С.П., Лоева И.Д., Гончарова Л.Д. Обробка та аналіз гідрометеорологічної інформації: навчальний підручник. – К.: Міносвіти України, 1999. –600с.
8. Шикломанов И.А. Антропогенные изменения водности рек. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 302с.
9. Лобода Н.С. Расчёты и обобщение характеристик годового стока рек Украины в условиях антропогенного влияния: Монография. – Одесса: Экология, 2005. – 208с.
10. Лобода Н.С., Ехнич М.П. Районирование характеристик годового стока наносов в бассейне р. Десны. //Матеріали I міжнародної науково-практичної конференції “Науковий потенціал світу 2004”. (1-15 листопада 2004року). – Дніпропетровськ: Наука і освіта. – 2004. – Т.4. (Географія та геологія). – С.16-17.

**Використання ПОФ-аналізу для встановлення основних предикторів формування полів річного стоку завислих наносів (на прикладі річок басейну р. Десна).**

**Лобода Н.С. , Єхніч М.П.**

*На основі дослідження статистичної структури полів завислих наносів у басейні р. Десна встановлено, що такі морфометричні характеристики водозборів як їх площа, середня висота та залісеність відображають головні закономірності просторового розподілу цих полів і можуть бути використаними в якості предикторів при розробці методики розрахунків характеристик стоку завислих наносів для територій з відсутністю даних спостережень.*

**Ключові слова:** *завислі наноси, морфометричні характеристики, вагові навантаження*

**Using EOF analysis for revealing main predictors forming annual suspended sediments fields (on example of Desna catchment rivers). Loboda N.S., Yechnich M.P.**

*On the base of investigation of statistical structure of suspended sediments fields there was established that the morphometric characteristics of catchments as areas, average elevations, forestness reflect main regularities of spatial distribution of suspended sediments discharges for Desna catchment, where data of observation are absent.*

**Keywords:** *suspended sediments, morphometric characteristics of catchments*