

Особливості міграції алюмінію в системі “донні відклади – вода” залежно від величини рН води і вмісту в ній фульвокислот (експериментальне дослідження)

Линник П.М., Жежеря В.А.

Розглянуто результати експериментального дослідження міграції алюмінію в системі “донні відклади – вода” за дії зниження рН води та підвищення концентрації фульвокислот.

Ключові слова: алюміній; донні відклади; форми міграції; рН; фульвокислоти.

Особенности миграции алюминия в системе “донные отложения – вода” в зависимости от величины рН воды и содержания в ней фульвокислот (экспериментальное исследование)

Линник П.Н., Жежеря В.А.

Рассмотрены результаты экспериментального исследования миграции алюминия в системе “донные отложения – вода” под влиянием снижения рН воды и повышение концентрации фульвокислот.

Ключевые слова: алюминий; донные отложения; формы миграции; рН; фульвокислоты.

Features of aluminium migration in the “bottom sediments – water” system depending on the pH value and content of fulvic acids in water (experimental research)

Linnik P.N., Zhezherya V.A.

Results of an experimental research of aluminium migration in the “bottom sediments – water” system under influence of decrease in pH value and increasing content of fulvic acids are considered.

Keywords: aluminium; bottom sediments; speciation; pH; fulvic acids.

Надійшла до редколегії 17.02.11

УДК 556.537:627.142

Онищук В.В.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ПРИНЦИПИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ВІДКРИТИХ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ У КОНТЕКСТІ УПРАВЛІННЯ РУСЛОВИМИ ПРОЦЕСАМИ

Ключові слова: відкрита динамічна система, принципи функціонування системи, управління русловими процесами

Актуальність проблеми. Більш успішний розвиток теорії руслових процесів і, відповідно, розв'язання практичних завдань стосовно управління водними потоками можливий лише на основі глибокого і всебічного вивчення природних закономірностей функціонування складної відкритої гідродинамічної системи «потік – русло» (далі ГДСп-р) [1, 2]. Використання системного підходу до вивчення властивостей ГДСп-р, зокрема таких головних явищ як турбулентність потоку, самовимощення дна і меандрування русел, пов'язано з необхідністю чіткого уявлення про основні закономірності функціонування цієї системи.

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2011. – Т.2(23)

У практиці регулювання русел пізнання основних закономірностей саморозвитку ГДСп-р дає можливість обґрунтувати оптимальні схеми компонування захисно-регулювальних споруд у складі протипаводкових заходів.

Склад робіт і методика досліджень. З метою системного дослідження явищ ГДСп-р були опрацьовані основні принципи її функціонування: принцип причинності (детермінізму); принцип збереження і перетворення енергії; принцип збереження імпульсу сили, маси і кількості руху; принцип мінімуму дисипації енергії; принцип кооперативної взаємодії між елементами системи (максимізації енергії); принцип структурної самоорганізації ГДСп-р; принцип безперервності й дискретності руслових процесів; принцип дисиметрії елементів системи; принцип генетичної єдності матеріальних систем; принцип циклічного розвитку ГДСп-р; принцип ергодичності; принцип інваріантності; принцип емерджентності; принцип збереження набутого структурного рівня; принцип турбулентності; принцип обмеженості морфологічних комплексів; принцип факторної відносності; принцип періодичної географічної зональності; принцип єдності ерозійно-аккумулятивного процесу; принцип автоматичного регулювання транспортувальної здатності; принцип нелінійності зв'язків між характеристиками ГДСп-р; принцип інерції; принцип суперпозиції внутрішніх і зовнішніх сил; принцип обмеженості незалежних параметрів системи.

У методичному плані виділення окремих принципів є складною проблемою теорії руслових процесів, тому що існує цілий ряд особливостей прояву процесів руслоформування при зміні умов транспортування наносів. При таких обставинах деякі принципи можуть відійти із ієрархії основних у розряд додаткових.

Виклад основного матеріалу. В даній статті наведений розгляд одинадцяти принципів, які висвітлюють прояв властивості самоорганізації ГДСп-р та відповідних закономірних затрат енергії на процеси руслоформування. Формування цих принципів велось багатьма вченими, але їх застосування в науковій і практичній діяльності не мало цілісного/системного спрямування.

Принцип причинності (детермінізму)

Принцип причинності є домінантою буття. Причина є завжди первинною, а події вторинними. Відповідна причина формується як необхідний атрибут об'єктивної реальності. Кожна причина регулює процеси як всередині системи, так і в навколишніх, зовнішніх системах навколишнього середовища. Причина виступає інструментарієм для приведення систем до стану динамічної рівноваги. Принцип причинності контролює роботу інших принципів у напрямі нарощування енергетичного потенціалу та прогресії. Цей принцип забезпечує необхідний рівень стійкості системи та її гармонійне співіснування у комплексі зовнішніх до неї систем.

При функціонуванні ГДСп-р прояв цього принципу виражається у послідовній зміні структурних рівнів самоорганізації і саморегулювання.

Принцип збереження й перетворення енергії

У відповідності до фізичних процесів, які відбуваються у навколишньому середовищі, виокремлюються наступні енергії: механічна, теплова, гравітаційна, ядерна, вакуумна, електромагнітного поля і ін. Енергія може перебувати в двох принципово різних станах: у зв'язаному і у незв'язаному (вільному). Всі процеси в оточуючому середовищі відбуваються завдяки вільній, незв'язаній енергії. Кінетична енергія руслового потоку є саме вільною. Потенційна енергія - міра можливого руху, яка може бути перетворена в кінетичну при роботі гідротурбін на гідротехнічному вузлі. При раціональному регулюванні русел також необхідно створювати сприятливі гідравлічні умови (режим течії), при проходженні руслоформуючих витрат, на основі дискретного перетворення кінетичної енергії в потенційну і навпаки [1,2]. Збереження енергії річковим потоком відбувається завдяки одночасній реалізації низки принципів, зокрема принципу мінімуму дисипації енергії. Згідно принципу Одума перехід концентрованої енергії в розсіяну відбувається спонтанно. Таке явище має місце при переході кінетичної енергії руслового потоку у потенційну.

Принцип генетичної єдності матеріальних систем

Всі системи навколишнього середовища мають спільні риси свого функціонування. Ця спільність поведінки систем дає можливість забезпечити високий рівень їх самозбереження. Системи підпорядковані між собою в залежності від їх складності (упорядкованості). Управління системами відбувається за ієрархічними рівнями зверху вниз. Концентрація енергії в системі відбувається знизу вгору до рівня її подвоєння у порівнянні з початковим станом. Перехід з досягнутого рівня на більш високий рівень в системі відбувається стрибком під дією вакуумної зони. В гідродинамічній системі «потік-русло» вакуумний прошарок має знаходитися у придонній області, який розділяє основний русловий потік від підрусового фільтраційного потоку. Цьому питанню необхідно приділити належну увагу при виконанні подальших досліджень ГДСп-р на фізичних моделях.

Принцип кооперативної взаємодії між елементами системи (закон максимізації енергії) .

Від кількості елементів в системі залежить її складність, відносна стійкість до змін навколишнього середовища та ступінь прояву властивостей саморегулювання. Кооперація зв'язків між елементами системи відбувається на тлі прояву властивості синергізму. При цьому відбувається максимізація енергії на відповідному структурному рівні. Максимізація енергії є необхідним атрибутом системи, який постійно проявляється з метою

збільшення енергії у порівнянні із зовнішнім середовищем задля досягнення своєї індивідуальності. Намагання забезпечити свою індивідуальність є природний закон прогресивного розвитку та переходу на шлях еволюційної прогресії. На цьому шляху як правило, зберігаються набуті макроструктури, енергія та інформаційна база. Прояв властивості синергізму у ГДСп-р відбувається на тлі структурного розвитку при зміні енергетичного потенціалу (потужності потоку - $\rho g Q I$).

Принцип безперервності й дискретності трансформаційних змін системи (безперервність й дискретність руслових процесів)

При зміні потенціалу енергії в системі або в навколишньому середовищі в результаті зміни кількості речовини, відбуваються трансформаційні перетворення загальної структури. У цьому контексті можна зауважити, що *сутність виявляється через структури*. Цей методологічний підхід до вивчення систем є фундаментальний в своїй основі і може бути широко використаний як в теорії, так і в практиці. В гідроморфологічній теорії руслових процесів цей принцип є методично найбільш обґрунтованим [3].

Безперервність руслових процесів виражається відривом частинок наносів від дна русла під час руслових переформувань. Дискретність проявляється градовою формою транспортування наносів. Дискретність руслових процесів має місце на більшості структурних рівнів.

В річковому руслі за допомогою штучних трансформаційних змін мезоформ можна регулювати шорсткість русла, що особливо важливо для його малостійких ділянок.

Принцип мінімуму дисипації енергії

Вперше цей принцип був запропонований М.А. Велікановим [4]. В наукових колах уже десятки років точаться дискусії стосовно правомірності застосування даного принципу до руслових потоків [3-5]. Суть цього принципу полягає в тому, що дана відкрита гідродинамічна система (ГДСп-р) спрямована в своєму розвитку і еволюції на досягнення оптимального рівня ентропії. Такий рівень ентропії відповідає динамічній рівновазі ГДСп-р, яка може спостерігатися при проходженні русла формуючих витрат у межах брівок русла. При цьому гідроморфологічний стан русла відповідає активним процесам зворотних безперервно - дискретних руслових деформацій, які відбуваються на фоні досягнутого найвищого структурного рівня самоорганізації системи (типу русла). Коефіцієнт гідравлічного тертя (опору) при динамічній рівновазі ГДСп-р прямує до мінімуму ($\lambda \rightarrow \min$) [6].

Принцип структурної організації динамічної системи (принцип структурної організації ГДСп-р)

Як закриті, так і відкриті матеріальні системи підпорядковані структурній самоорганізації [7, 8]. Властивість до упорядкованості систем є

цілком природним закономірним процесом на шляху їх розвитку і еволюції. ГДСп-р є також високодинамічною складною відкритою самоорганізуючою системою [9]. Домінант-процесом для даної системи є структурна самоорганізація від мікро- до макроформ рельєфу русла. Ресурсами ГДС п-р у загальному вигляді є рідина, енергія і інформація. В якості інформації слід розуміти гідрологічний режим (проходження повеней, паводків, меженних витрат тощо). Коливання рівня води в річковому руслі виражає сукупність дії внутрішніх і зовнішніх сил системи.

Кожна система, як і весь оточуючий світ – ієрархічна [8,10]. Н.С. Знаменська [10] розробила генеральний зв'язок (схему) подвоєння кроків руслових форм (подвоєння довжини і ширини гряд). Переходи з нижчих на сусідні вищі структурні рівні відбувається стрибком з чітким подвоєння енергетичного потенціалу системи. Межа між структурними рівнями характеризує об'єм інформації системи.

На завершення можна констатувати, що чим вищий рівень упорядкування системи, тим меншими є її затрати енергії на функціонування.

Принципи ергодичності (циклічного шляху розвитку матеріальних систем)

Характерною особливістю матеріальних систем є їх циклічний шлях розвитку і еволюції. Установлено, що циклічний розвиток матеріальних систем, а також соціальних систем, характеризується експоненціальною залежністю у вигляді ряду чисел Фібоначчі (1,1,2,3,5,8,13,21,34,55,89,144...) [11,12]. Із цього ряду можна виділити окремі цикли, які є спільними для всіх систем, а саме: 2,5,13,34,89.... В упорядкованих системах, на їх оптимальному рівні функціонування, співвідношення між циклами наближається до «золотої» пропорції рівної 2,618, (наприклад, $89/34 \approx 2,618$). При такій пропорції циклів розвиток і еволюція систем знаходяться на високому рівні своєї стійкості, а отже і їх самозбереження є високим. Кожний цикл складається з двох фаз, для яких також має місце «золота» пропорція рівна 1,618, наприклад, $89/55 \approx 1,618$.

Атмосферні опади і річковий стік води і наносів підпорядкована наступному ряду чисел Фібоначчі - ... 0,0075, 0,015, 0,0312, 0,062, 0,125; 0,25, 0,5, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144. Виділені цифри у даному ряду відносяться до відповідних циклів, а проміжні між ними є їхніми фазами. Цифра 0,015 в цьому ряді відповідає добовому циклу розподілу атмосферної вологи у вигляді хмар. Число 0,062 фіксує цикл декадного розподілу атмосферних опадів. Кварталу року або порі року (сезону) з найвищими температурами повітря і, відповідно, розподілу атмосферних опадів відповідає число 0,25. Річний розподіл атмосферних опадів на конкретній території належить числу 1. Число 2 вказує на розподіл опадів по регіонах. Число 5 вказує на функціонування циклу сприятливого водного режиму материків. Цикл 13 років відповідає періодичній активності Сонця

(відповідає числу Вольфа [11] рівному в середньому 11-ти рокам; два роки з протяжності цього циклу припадають на фазові переходи між сусідніми циклами - 5 і 34). Наступний цикл під цифрою 34 відповідає найвищій енергетиці планети Земля і, відповідно, максимальній інтенсивності атмосферних опадів. Із цих 34-ох років на період «чистого» енергетичного потенціалу припадає частота повторення енергетичного потенціалу через 30 років, а 4 роки приходяться на два фазові переходи між сусідніми циклами – 13 і 89. Тріада таких 34 – річних циклів складає віковий цикл системи «Сонце-Місяць-Земля», який має тривалість 102 роки. Цикл у 89 років значно нижчий за своєю енергетикою, ніж попередній цикл. Він складається із багатоводного періоду тривалістю 55 років та маловодного – 34 роки, який характерний виключно для аномальних зон планети, тобто там, де водотоки співпадають з меридіанами магнітної решітки. І насамкінець, періодичність атмосферних опадів (річкового стоку) через 144 роки вказує на завершення чергового циклу розвитку системи «Сонце-Місяць-Земля» ($144 \rightarrow 1+4+4=9$). Співвідношення двох сусідніх величин у ряді Чисел Фібоначчі послідовно по циклах дають наступні величини пропорцій: ...2,2,2,2,2,2,2,0,2,1,5, 1,667, 1,6, 1,625, 1,615, 1,619, 1,618, 1,618, 1,618. Три останні величини відповідають інваріанту числа Фібоначчі («золота»пропорція) і характеризують стійкий стан систем. Всі інші значення пропорцій до «0» і далі за ним відповідають нестійкому стану будь-яких систем. Сам «0» характеризує нейтральний / надзвичайний стан системи. У даному випадку стосовно водного режиму це може означати можливе виникнення посухи або значного наводнення (проходження катастрофічних паводків або водопілля). Сім «2» на початку ряду пропорцій означають стійку однорідність водного режиму протягом будь – якого року. При функціонуванні ГДСп-р за рядом чисел Фібоначчі відбувається зміна циклів водності річок [11].

Принцип дисиметрії

Принцип дисиметрії тісно пов'язаний з принципом ергодичності. Відомо, що всі системи мають циклічний шлях розвитку і еволюції. Цикли складаються з “малої” і “великої” фаз . Наприклад, річковий стік складається з циклів, які містять в собі маловодну і багатоводну фази [11,12]. Доказовим фактом є постулат, що внутрішня дисиметрія системи відбувається за правилом “золотої” пропорції. Ця пропорція має осереднене значення рівне 1,618 між фазами водності, а між самими циклами визначається осередненим величиною 2,618, яка вказує на протяжність періодичних змін системи (так система “дихає”). Такий рівень дисиметрії є оптимальним для функціонування системи стосовно стійкості до впливів зовнішнього середовища. Слід зауважити, що атмосферні опади теж мають аналогічну періодичність (дисиметрію в структурах циклів) [11]. Відкриті системи світу для забезпечення свого відносно стійкого існування знаходяться у постійному резонансі.

Принцип емерджентності

Під терміном емерджентність слід розуміти властивість самореалізації структурних форм від взаємодії елементів системи на відповідному структурному рівні самоорганізації. В теорії систем сповідується принцип невідповідності, який означає неадекватність властивостей самоорганізації на різних структурних рівнях [8,10]. Тобто, при додаванні властивостей елементів (структурних рівнів) отримуємо не суму властивостей, а нову закономірність самоорганізації системи. Системи також мають індивідуальну властивість - це перебувати у динамічній рівновазі. Цю особливість прояву внутрішніх процесів необхідно особливо враховувати при фізичному моделюванні систем. Принцип емерджентності є одним із основних при оцінці стану системи. При оцінці проявів руслових процесів необхідно слідувати правилу ієрархічної будови дна русла і їх відповідність потужностям потоку.

Принцип інваріантності (центроструменевого руслоформування)

Системотворчим фактором річкової мережі є відповідний прояв центроструменевого руслоформування. Наявність прямих і зворотних зв'язків робить системи навколишнього середовища активними, а сам світ процесуально єдиним. Відомо, що всі процеси у системах відбуваються за рахунок вільної енергії. Що стосується річкового потоку, то така енергія у значній долі зосереджена у центральному струмені. Вільна енергія руслового потоку є складовою його кінетичної енергії, і вона отримана завдяки орографії басейну і відповідного прояву кооперативних зв'язків між елементами системи (прояву синергізму).

Кожна система має свій інваріант подібності. Наявність інваріанту дає можливість при дослідженні закономірностей розвитку уникнути негативного впливу масштабного ефекту. Інваріантність в своїй основі допомагає упорядкувати системи, роблячи цей процес більш ефективним і економічним.

Інваріантність ГДСп-р характеризується наступним показником [13]:

$$\eta = \frac{h(gB)^{0,25}}{Q^{0,5}} I^{0,125} = \left(\frac{h_{\text{рф}}}{B_{\text{бр}}} \right)^{0,25} \frac{I_0^{0,125}}{Fr_{\text{ц.с}}} = inv, \quad (1)$$

де $h_{\text{рф}}$ - середня глибина потоку при проходженні руслоформуючої витрати води і наносів; $B_{\text{бр}}$ - середня ширина русла у брівках; I_0 - гідравлічний похил руслового потоку на досліджуваній ділянці; $Fr_{\text{ц.с}} = V_{\text{д.р}}^{0,5} / (g h_{\text{рф}})^{0,25}$ - число Фруда для центрального планового струменя, який має по ширині два ланцюги урівноважених макроформ (де - $V_{\text{д.р}}$ - середня швидкість руслового потоку в центральному струмені при динамічній рівновазі ГДСп-р).

Для гірських річок, як і для рівнинних, його числові значення знаходяться у межах від 0,18 до 0,32 при середньому $\eta=0,25$, що відповідає

меандруванню однорукавного русла (при $\eta=0,18$ маємо руслову багаторукавність, а при $\eta=0,32$ – каналізовані річки й „режимні” канали).

Показник інваріантної подібності водотоків η характеризує прояв властивості самоорганізації ГДСп-р, а також дає змогу типізувати ділянки річок найвищому, досягнутому системою, структурному рівні від витoku до гирла за ознаками “поведінки” центрального струменя. У межах самоорганізації η змінюється від 0,293 до 0,207 [13]. При $\eta > 0,293$ має спостерігатися прояв незворотних руслових деформацій і, навпаки, при пасифікації руслових процесів, коли $\eta < 0,207$, у напрямі превалюючого розвитку акумулятивного процесу, що може призвести до формування багаторукавного русла.

Взаємозв’язок принципів та практичні рекомендації стосовно управління русловими процесами

Принципи в своїй ієрархічній системі доповнюють один одного у напрямі підвищення рівня упорядкування відповідної системи та її стійкості. Основними вимогами стосовно толерантного втручання в ГДСп-р є наступні: робота інженерних протипаводкових споруд не повинна порушувати межі прояву властивості самоорганізації ГДСп-р; шорсткість берегозахисних кріплень повинна наближатись до природного аналога; для акумуляції паводкових вод рекомендується використання польдерних систем; для гірських ділянок є доцільним влаштування системи низьких загат та обвалування русло-заплавного комплексу з науково обґрунтованою його шириною; відбір наносів із русел річок є негативним господарським заходом, спрямованим на розвиток незворотних руслових деформацій.

Висновки і практичні рекомендації. Підводячи підсумки стосовно важливості використання принципів функціонування ГДСп-р при регулюванні руслових деформацій слід відмітити наступне:

1) цілий ряд (група) наведених вище принципів дають відповідь на межі прояву властивостей самоорганізації і саморегулювання ГДСп-р.

2) дієвість кожного із принципів визначається у форматі їх спільної взаємодії на відповідному структурному рівні.

3) наявність чіткої ієрархії принципів відкриває можливість науково обґрунтовано виконувати аналіз руслових процесів, проводити розрахунки стоку води і наносів та розробляти раціональні заходи протипаводкового захисту урбанізованих ділянок русло-заплавного комплексу.

Список літератури

1. *Онищук В.В.* Наукові основи регулювання руслових процесів гірських річок / В.В. Онищук // Водне господарство України. – 2000. – № 5-6. – С. 16-19.
2. *Онищук В.В.* Методологічні аспекти раціонального регулювання русел гірських річок / В.В. Онищук, О.Г. Ободовський // Матеріали міжнар. наук.-практ. конф. «Екологічні та соціально-економічні аспекти катастрофічних стихійних явищ у Карпатському регіоні (повені, зсуви)» (Рахів, 21-24 вересня 1999 р.). – Ужгород : Патент, Поличка «Карпатського Краю». – С. 261-265.
3. *Кондратьев Н.Е.* Теория и методы расчета русловых процесов / Н.Е. Кондратьев, И.В. Попов, Б.Ф. Смищенко // Труды IV Всесоюз. гидрол. съезда. – Л. :

Гидрометиздат, 1975. – Т. 1. **4. Великанов М.А.** Движение наносов / М.А. Великанов. – М. : Изд. МРФ СССР, 1948. – 210 с. **5. Кузьмин И.А.** Руслевые процессы и их изменение под воздействием гидротехнических сооружений / И.А. Кузьмин // Труды Гидропроекта. – 1973. – Сб.3 – С. 37-73. **6. Онищук В.В.** Физическое моделирование русловых процессов горных рек / В.В. Онищук, А.С. Бильчук, О.Н. Козицкий // Мелиорация и водное хозяйство. – 1989. – Вып. 70. – С. 60-63. **7. Хакен Г.** Синергетика: Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах / Герман Хакен : [Пер. с англ.] – М. : Мир, 1985. – 423 с. **8. Маца К.А.** Системы неорганические, органические, социальные: свойства и принципы организации / К.А. Маца. – К. : ВГЛ «Обрії», 2008. – 196 с. **9. Онищук В.В.** Принцип дискретності і структурної організації матеріальної системи потік-русло і методологічна концепція управління водними потоками / В.В. Онищук // Україна та глобальні процеси : географічний вимір : зб. наук. пр. у 4-х тт. – К. – Луцьк : Вежа, 2000. – Т. 2. – С. 290-294. **10. Знаменская Н.С.** Единые закономерности формирования речных русел / Н.С. Знаменская. – СПб. : НИИ СПбГУ; 2002. – 61 с. **11. Чорноморець Ю.О.** Закономірності в багаторічних коливаннях водності річок (на прикладі річок Українських Карпат)/ Ю.О. Чорноморець, В.В. Онищук // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. – 2007. – Т. 13. – С. 40-46. **12. Чорноморець Ю.О.** Дослідження коливань водності річок Українських Карпат / Ю.О. Чорноморець // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. – 2004. – Т. 6. – С. 110-115. **13. Онищук В.В.** Принципові властивості відкритих динамічних систем у контексті еволюції руслових процесів: інваріантність, ергодичність, мандрування / В.В. Онищук // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2002. – Т. 10. – С.9-20.

Принципи функціонування відкритих динамічних систем у контексті управління русловими процесами

Онищук В.В.

На основі матеріалів теоретичних досліджень властивостей відкритих динамічних систем виділена група основних принципів функціонування гідродинамічної системи «потік-русло».

Ключові слова: *відкрита динамічна система, принципи функціонування системи, управління русловими процесами.*

Принципы функционирования открытых динамических систем в контексте управления русловыми процессами

Онищук В.В.

На основе материалов теоретических исследований свойств открытых динамических систем определена группа основных принципов функционирования гидродинамической системы «поток-русло».

Ключевые слова: *открытая динамическая система; принципы функционирования системы; управление русловыми процессами.*

The principles of functioning of a free dynamic systems in river bed processes management format

Onyschuk V.V.

Based on the materials of theoretical researches of free dynamic systems the group of main principles of hydrodynamic systems «stream-channel» functioning is determined.

Key words: *free dynamic system, principles of system functioning, management of river bed processes.*

Надійшла до редколегії 25.05.11