Фактически в тройном сплаве Fe—Ni—Ru образуется твердый раствор Fe и Ru в NiO, т. е. (Fe, Ru, Ni)O. Образование решетки типа NaCl из ОЦК структуры α-фазы требует не только внедрения кислорода в матричную решетку, но и предварительной перестройки ОЦК решетки в ГЦК, что, естественно, в процессе электрополировки не реализуется.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Хирш П., Хови А., Николсон Р., Пэшли Д., Уэлан М. Электронная микроскопия тонких кристаллов. М., 1968. [2] Pennock C. M., Flower H. M., West D. R. F. The thining transformation in β Ti—Mo alloys.— Metallography, 1977, 10, N 1, p. 43.

Поступила в редакцию
19.05.80

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, 1981, т. 22, № 2

УДК 556.535.2

## СТРУЙНАЯ МОДЕЛЬ ТУРБУЛЕНТНОГО ТЕЧЕНИЯ РУСЛОВОГО ПОТОКА

**О. Н. Мельникова**

*(кафедра физики моря и вод суши)*

При впадении в реки притоков, окрашенных частицами почвы или промышленными отходами, часто наблюдается следующее явление: вода притоков не распространяется сразу же по всему сечению рек, а течет от места впадения вдоль берега автономно от основного потока на протяжении многих километров.

Для выяснения деталей явления выполнен эксперимент в прямом канале с сечением в виде трапеции и незакрепленным песчаным дном. Параметры канала: длина — 20 м, ширина — 1 м, глубина в центральной части — 0,1 м, уклон — 0,001, средняя скорость потока — 0,1 м/с. В эксперименте изучалось перемешивание водных масс вблизи берегов потока. Для этого в центральную и прибрежные области потока попеременно вводился краситель (водный раствор туши), плотность которого отличалась от плотности воды на $10^{-3} \div 10^{-5}$ кг/м$^3$. При подаче красителя в прибрежную область потока окрашивались лишь узкие зоны вдоль берегов на протяжении всего канала, что показано на фотографии, приведенной на рис. 1. Стрелкой указано направление течения потока. Прибрежные зоны оставались неокрашенными при подаче красителя в центральную область потока, причем результат эксперимента не менялся при смещении места ввода красителя вдоль по потоку.

В результате исследования было установлено, что в потоке существует три зоны: центральная и две прибрежные, водные массы которых практически не перемешиваются. Этот факт требует объяснения, так как вычисленная по расходу воды средняя скорость потока составляет 0,1 м/с и соответствующее число Рейнольдса $Re \sim 10^5$ определяет турбулентный характер течения.

В настоящей статье предлагается разработанная на основе анализа натурных и описанных лабораторных экспериментальных данных следующая физическая модель явления:

1) поток представляется в виде трех несмешивающихся турбулентных струй;

2) возникновение несмешивающихся турбулентных струй в потоке объясняется наличием вихревого движения в прибрежной области;

3) вихревое движение в прибрежной области возникает как следствие неоднородности действующих сил в поперечном сечении потока.

Рассмотрим подробнее все положения модели. На рис. 1 хорошо видно, что течение во всех трех областях потока является турбулентным, обмен между центральной и прибрежными зонами очень мал, следовательно, течение можно представить в виде трех несмешивающихся турбулентных струй.

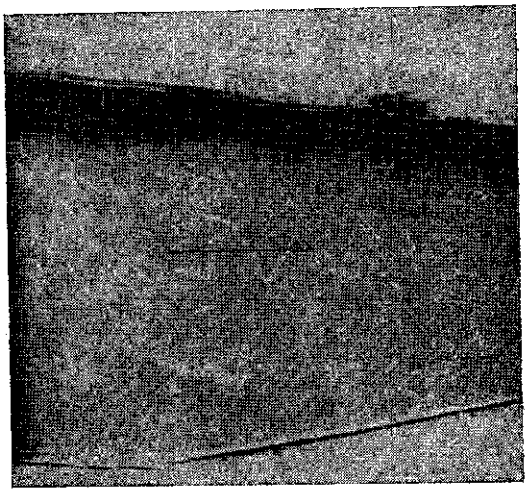

Рис. 1

При турбулентном характере течения отсутствие обмена водными массами на границе струй возможно только в том случае, если вблизи границы существует вращательное движение воды в плоскости $Y$, $Z$, причем вращение происходит в противоположных направлениях с разных сторон границы, как показано на рис. 2.

В свою очередь, в прибрежной области потока должно существовать такое распределение сил, которое вынуждает водные массы совершать вращательное движение. Вдали от твердой границы распределение сил в потоке определяется осредненными по времени турбулентными характеристиками потока — нормальными и касательными турбулентными напряжениями Рейнольдса. Следовательно, необходимым условием возникновения вращательного движения жидкости является неоднородность производных Рейнольдсовых напряжений по поперечным координатам, что аналитически можно записать в виде известного уравнения, следующего из уравнения Навье — Стокса в форме Рейнольдса:

$$\frac{\partial \overline{\xi}}{\partial t} = \frac{\partial^2}{\partial y \partial z}\left(\overline{v'^2} - \overline{w'^2}\right) + \left(\frac{\partial^2}{\partial y^2} - \frac{\partial^2}{\partial z}\right)\overline{v'w'},$$

$$\xi = \frac{\partial v}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial y},$$

где величины $v'$, $w'$ представляют значения пульсаций скорости по осям $Y$, $Z$ соответственно.

Известно [1, 2], что компоненты тензора напряжений в турбулентном потоке $\overline{v'^2}$, $\overline{w'^2}$, $\overline{v'w'}$ линейны в центральной области потока и представляют нелинейную зависимость от координат в области у стенок. Следовательно, силы, действующие на водные массы, зависят от координат в прибрежной области потока и не меняют величины и направления в центре потока, что создает условия для постоянного закручивания жидкости в прибрежной области.

Кроме того, осредненная по времени величина $\overline{v'^2}$ зависит от поперечных координат из-за наклонного характера дна в прибрежной части потока, что приводит к изменению производной по координате

от этой величины даже на склонах небольшой крутизны, как это следует из рисунков 3, *а, б*, построенных по работе [3].

Проведенный анализ показывает, что в прибрежной области руслового потока существуют условия, порождающие вращательное движение жидкости, а в центральной области такие условия отсутствуют. Однако из-за трения в тонком слое воды в центральной зоне возникает

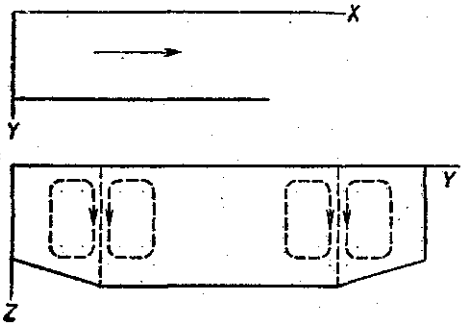


Рис. 2

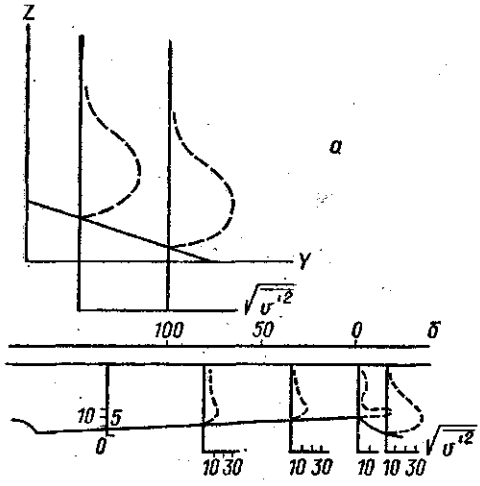


Рис. 3

вращение в противоположную сторону. Эти условия существования вращательного движения воды в прибрежной области выполняются в любом сечении потока, обеспечивая формирование турбулентных несмешивающихся струй в русловых потоках, динамически подобных изученному в описанном эксперименте.

Кроме того, из проведенного анализа следует, что предложенная модель объясняет наблюдаемое на многих реках, но впервые отмеченное и проанализированное явление существования автономных струй в русловом потоке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. М., 1969, с. 524. [2] Бай Ши-И. Турбулентное течение жидкости и газов. М., 1962, с. 302. [3] Михайлова Н. А. Лабораторные и натурные исследования турбулентных русловых потоков в низкочастотной области спектра. Деп. ВИНИТИ, № 1313—76.

Поступила в редакцию
26.05.80

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, 1981, т. 22, № 2

УДК 535.212+537.56

## ОПИСАНИЕ АВТОИОНИЗАЦИОННЫХ СОСТОЯНИЙ МНОГОЗАРЯДНЫХ ГЕЛИЕПОДОБНЫХ ИОНОВ В ПРИБЛИЖЕНИИ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ СВЯЗИ

**А. Ваге** (Сенегал), **П. Б. Иванов, В. С. Сенашенко, Е. Ю. Черкашин**
*(НИИЯФ)*

Рассмотрению эффектов наложения конфигураций посвящены многие теоретические исследования автоионизационных состояний (АС) двухэлектронных систем. Основой большинства из них стал диагонали-