

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ
НЕКОТОРЫХ АНАЛОГОВ И ФРАГМЕНТОВ
[ARG⁸]-ВАЗОПРЕССИНА И ОКСИТОЦИНА**

Д. В. Андреев

Вазопрессин и окситоцин – гормоны задней доли гипофиза – правильнее называть нейрогипофизарными гормонами, так как местом образования их является гипоталамус, а именно супраоптическое и паравентрикулярное ядра, где локализуются нейросекреторные нейроны.

Иммуноцитохимическими и радиоиммунологическими исследованиями показано, что окситоцин и вазопрессин синтезируются в нейронах супраоптического и паравентрикулярного ядер. Синтезированные в гипоталамических ядрах гормоны транспортируются вместе с соответствующими нейрофизинами по аксонам нейрогипофизарного тракта в заднюю долю гипофиза, где они резервируются «про запас».

Несмотря на одинаковые места синтеза и пути транспортировки, эти вещества ответственны за совершенно различные функции в организме:

Вазопрессин используется в организме для: а) поддержания артериального давления посредством барорецепторов и прямого влияния на сосудистую стенку; б) увеличения синтеза простагландинов интерстициальными клетками мозгового слоя почек; в) увеличения процесса высвобождения ТТГ из тиротрофов гипофиза; г) регуляции секреции АКТГ; д) обладает митогенным эффектом; е) сокращения мезангиальных клеток клубочка и для других целей.

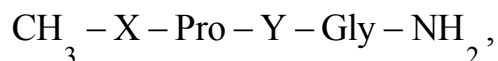
Биологическое действие окситоцина, который, как и вазопрессин, секретируется в гипоталамусе, направлено на стимуляцию сокращения мышц матки и миоэпителиальных клеток, окружающих альвеолы молочной железы, что обеспечивает поступление молока из альвеол в протоки железы.

Рассмотрим эти различия на молекулярном уровне.

Отличия проявляются только в замене в третьем положении фенилаланина на изолейцин и в восьмом положении лейцина на аргинин, но при этом пространственное расположение атомов претерпевает довольно серьезные изменения. Существует гипотеза, что в орга-

низме действие вазопрессина обуславливается двумя его частями, а именно: С-концом и N-концом.

В данной работе исследовались изменения, которые возникают в С-концевом фрагменте вазопрессина и окситоцина и их аналогов, т. е. исследовалась структура типа



где X – принимает значение цистеин, метионин и D-метионин, а Y – принимает значение лейцин и аргинин.

Первоначальные локальные минимумы для остова аминокислотных остатков выбирались согласно стерическим условиям и соответствовали для Cys, Met – В и L, для Pro – В и R, для Gly – В, R, L, H, а для Arg и Leu В, R и L областям. Углы внутреннего вращения боковых радикалов χ_1, χ_2, χ_3 брались для Cys, Leu, Met, D-Met и Arg равным 60, 180, 300.

Вычисления производились с помощью программы, ориентированной на исследование пространственных структур белков и пептидов.

В результате теоретических исследований фрагментов окситоцина и вазопрессина и их аналогов были выявлены наборы стабильных конформаций этих соединений. Получены несколько тысяч локальных минимумов конформационной энергии исследуемых соединений. Дальнейшему изучению подверглись наиболее стабильные конформации. Они же являются наиболее вероятными в ансамбле ротамеров. Предполагалось, что вероятность нахождения ротамера подчиняется распределению Больцмана

$$p_i = A \exp\left(-\frac{\Delta E}{RT}\right),$$

причем A вычислено из условия нормировки

$$\int_0^{\infty} p d(\Delta E) = 1 \Rightarrow A = \frac{1}{RT}.$$

Для определения допустимого интервала энергии считаем, что в наш интервал должно попасть 96,5 % возможных конформаций при температуре T = 293 К:

$$p(\Delta E \leq x) = \int_0^x \frac{1}{RT} \exp\left(-\frac{\Delta E}{RT}\right) d(\Delta E).$$

Из вычислений получаем $\Delta E = 2$ ккал/моль. Полученный набор ротамеров для С-концевого остатка окситоцина указан в таблице.

Таблица

**Расчетные стабильные конформации тетрапептида (6-9)
CH₃-Cys-Pro-Leu-Gly-NH₂ ($\Delta E \leq 2$ ккал/моль)**

№	ΔU , ккал/моль	Конформация			
		Cys	Pro	Leu	Gly
1	0,00	B13	R	R21	H
2	0,05	B23	R	R21	H
3	0,07	B33	R	R21	H
4	0,90	B23	B	R21	H
5	0,91	B13	B	R32	L
6	1,03	B33	R	R32	H
7	1,05	B33	B	R21	H
8	1,16	B23	R	R32	H
9	1,17	B33	R	R32	H
10	1,31	B23	R	L31	L
11	1,31	B13	R	L31	L
12	1,46	B33	R	L31	L
13	1,47	B13	R	L32	L
14	1,61	B33	R	L32	L

Цифры 1, 2, 3, указанные с областями (B, R, L), соответствуют углам внутреннего вращения боковых радикалов χ_1, χ_2, χ_3 .

Для этой структуры характерны три стабильных конформации остова BRRH, BRLL, BBRL.

Остальные таблицы имеют аналогичную структуру.

Анализируем полученные результаты.

В этих расчетах мы варьируем шестую аминокислоту в тетрапептиде (6–9) и получаем, что стабильные конформации для остального остова сильно изменяются.

1. BRRH, BRLL, BBRL.
2. BRRH, LRRH
3. HRRH, HRLL и HBRH.

Подчеркиванием выделены аминокислоты, которые меняем в тетрапептиде (6–9).

Итак, изменение шестой аминокислоты будет сильно влиять на конформацию остального остова. Появляются новые типы стабильных конформаций остова, а некоторые стабильные конформации исчезают. Также некоторые типы остова остаются неизменными при варьировании шестой аминокислоты.

Теперь будем сравнивать результаты, которые получаются при замене в тетрапептиде (6–9) в восьмом положении лейцина на аргинин.

Для приведенной таблицы, как мы видели раньше, характерны три вида остова.

1. BRRH , BRLL , BBRL .

При замене лейцина на аргинин имеются три вида стабильного остова.

2. BRRH , BRLL и BBRH .

Аналогично при замене лейцина на аргинин, но при этом меняем цистеин в шестом положении на метионин.

3. BRRH , LRRH .

4. BRRH , LRRL и BBRH .

При замене лейцина на аргинин изменения в остове происходят небольшие, новых стабильных конформаций не появляется, что соответствует небольшому различию в биологическом функционировании этих соединений.

Заключение

Получены наборы стабильных конформаций фрагментов вазопрессина и окситоцина тетрапептида (6–9) –Cys – Pro – Leu – Gly – .

Исследована корреляция между конформациями фрагментов вазопрессина и окситоцина и их биологической ролью в организме.

ПЛАЗМЕННАЯ ИММЕРСИОННАЯ ИОННАЯ ИМПЛАНТАЦИЯ АЗОТА В БЫСТРОРЕЖУЩУЮ СТАЛЬ

Е. Н. Ветушко

В последние годы активно исследуются возможности метода плазменной ионной иммерсионной имплантации (ПИИИ), позволяющего обрабатывать изделия сложной формы с одновременной модификацией глубоких слоев материалов.[1] Метод ПИИИ является высокотемпературным методом обработки, и, следовательно, наибольшая его эффективность будет проявляться при обработке теплостойких сталей. Известно, что быстрорежущие стали обладают теплостойкостью до 600 °С, имеют мартенситную основу, в которой диффузионная подвижность азота выше, чем в аустените нержавеющей сталей. Повышенные красностойкость и износостойкость быстрорежущих сталей создаются растворением главным образом вторичных карбидов, а также легированием твердого раствора элементами, входящими в состав этих карбидов. Следует ожидать, что дополнительное легирование азотом позволит модифицировать физико-механические свойства быстрорежущих сталей.

Режимы имплантации быстрорежущей стали Р6М5

Образец	Режимы имплантации	
	Доза, ион/см ²	Температура, °С
Н0	Не обрабатывался	
Н4	2×10^{18}	380
Н3	8×10^{18}	380
Н10	8×10^{18}	500

Целью данной работы являлось исследование влияния ПИИИ азота на структуру и фазовый состав, а также на механические свойства быстрорежущей стали Р6М5 (0,86 % С; 6,0 % W; 5,0 % Мо; 4,1 % Cr; 1,9 % V; 0,5 % Со, в вес.%). Образцы стали Р6М5 (табл.) имплантировались ионами азота при ускоряющем напряжении 40 кВ в импульсном режиме.

Частота следования импульсов 800 Гц, длительность импульса 5 мкс, давление азота в камере 0,4 Па. Для генерации плазмы использовалось СВЧ возбуждение в режиме электронно-циклотронного резонанса, позволяющее создавать начальную концентрацию электронов и ионов в плазме порядка 10^{11} см⁻³. Средняя плотность ионного тока в течение первой микросекунды составляла около 60 мА/см². Дозы облучения варьировались в пределах $(2-8) \times 10^{18}$ ион/см². Температуры образцов в процессе обработки составляли 380 °С и 500 °С.

Исследования стали после обработки проводились с помощью элементного, рентгеноструктурного анализа и измерений твердости по Виккерсу.

Элементный анализ показал, что в результате обработки в имплантированных образцах формируются глубокие модифицированные азотсодержащие слои, простирающиеся до глубины, составляющей десятки микрометров [2].

Рентгеноструктурный анализ выявил заметные структурные и фазовые изменения в поверхностном слое (до 10 мкм) стали после ПИИИ азота (рис.1.). Фазовый анализ показал присутствие следующих фаз в необлученной стали (рис.2.а): Fe₃ (W, Мо)₃C, карбид ванадия (VC), мартенсит (α-Fe). После имплантации (рис.1. b, c, d) образуется дополнительная фаза ε-Fe_{2+x}(N,C). Подтверждением присутствия фазы ε-Fe_{2+x}(N,C) являются данные, полученные с помощью метода КМЭС [2]. Уширенный пик этой фазы, с одной стороны, может свидетельствовать о значительных внутренних напряжениях, а с другой стороны – о наложении сигналов от следующих фаз: Fe₃ (W, Мо)₃C, VC и ε-Fe_{2+x}(N,C).

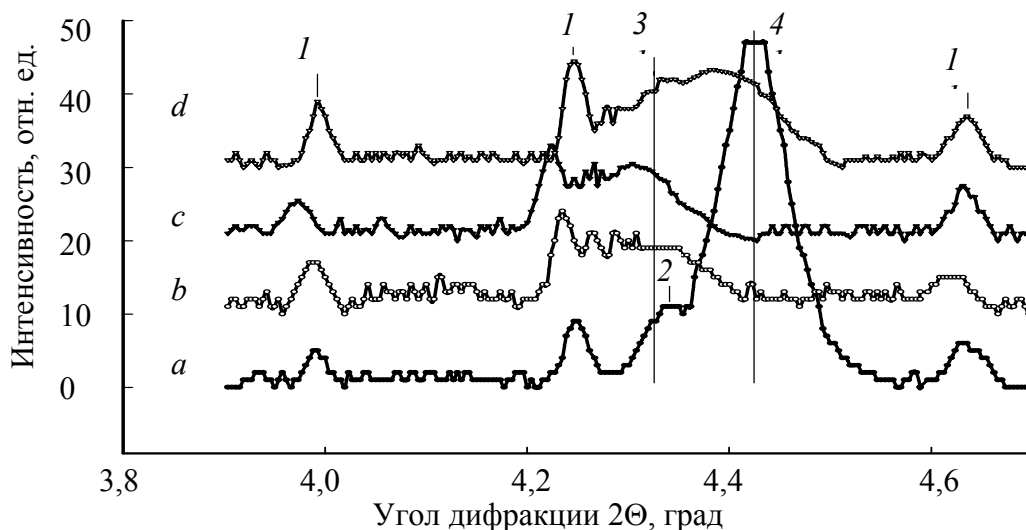


Рис. 1. Участок рентгенограммы от стали Р6М5 до и после ПИИИ азота
a-N0, b-N4, c-N3, d-N10

На рентгенограмме указаны угловые положения рефлексов от соединений: 1 – $\text{Fe}_3(\text{W}, \text{Mo})_3\text{C}$, 2 – VC, 3 – $\epsilon\text{-Fe}_{2+x}(\text{N}, \text{C})$, 4 – $\alpha\text{-Fe}(\text{C}, \text{M})$.

На приведенных рентгенограммах (рис.1) видно, что после имплантации дифракционный пик, принадлежащий фазе $\text{Fe}_3(\text{W}, \text{Mo})_3\text{C}$, расширяется и сдвигается в малоугловую область. Это свидетельствует о наличии в имплантированных образцах микро- и макронапряжений. Методом аппроксимаций были рассчитаны значения средних микродеформаций $\langle \epsilon \rangle$ в образцах Н4 (2×10^{18} ион/см², 38 °С) и Н3 (8×10^{18} ион/см², 380 °С). Их значения для образцов Н4 и Н3 составляют соответственно 3×10^{-3} , 5×10^{-3} . По-видимому, в данном случае карбиды $\text{Fe}_3(\text{W}, \text{Mo})_3\text{C}$ и VC легируются азотом, образуя карбонитриды $\text{M}_6(\text{C}, \text{N})$ и $\text{M}(\text{C}, \text{N})$, где М – атомы металла.

Оценки объемной доли фаз M_nC в приповерхностном слое указывают на то, что более 50 % из них имеют средний диаметр 0,2 мкм. Причиной изменения размеров и количества карбидных (карбонитридных) фаз могут являться нестабильность твердого раствора (мартенсита) при импульсном воздействии и дополнительное радиационно-стимулированное образование выделений из мартенсита вблизи поверхности.

Измерение микротвердости проводились по методу Виккерса на микротвердометре ПМТ – 3 в диапазоне нагрузок 0,3 – 2 Н. Интервал проникновения индентора в образцы при этом составлял 0,5 – 3,3 мкм. Установлено, что микротвердость является функцией дозы. У всех имплантированных образцов микротвердость выше, чем у исходного (рис.2).

Для дозы облучения 8×10^{18} ион/см², 500°C значение микротвердости при нагрузке 0,3 Н составляет 26 ГПа, что в 2,5 раза больше чем у исходного образца стали. Наблюдаемое увеличение микротвердости образцов при плазменной иммерсионной ионной имплантации обусловлено прежде всего следующими причинами: формированием дополнительной фазы карбонитрида $\epsilon\text{-Fe}_{2+x}(\text{N},\text{C})$; ростом объемной доли мартенсита; повышением концентрации дефектов и уровня внутренних напряжений в приповерхностной области; увеличением количества и уменьшением размера основных упрочняющих карбидных фаз.

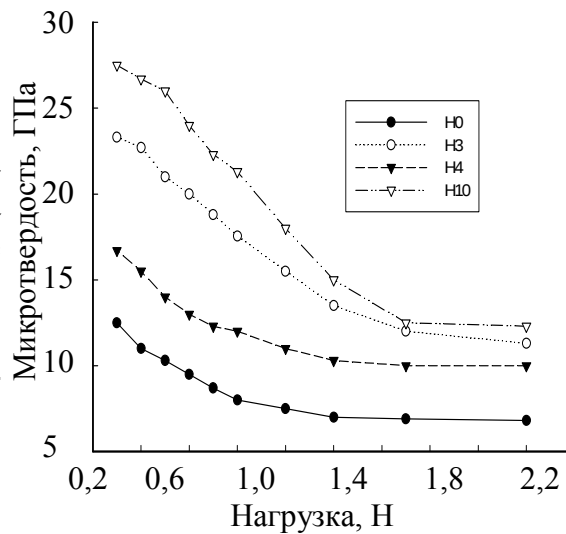


Рис. 2. Зависимость микротвердости образцов стали Р6М5 от нагрузки

Использование метода ПИИИ представляет несомненный практический интерес для модификации физико-механических свойств стали Р6М5 и применения этой стали для изготовления металлообрабатывающих инструментов.

Литература

1. *Ensinger W.* Modification of mechanical and chemical surface properties of metals by plasma immersion ion implantation // *Surface and Coatings Technology*. 1998. Vol. 100 – 101. P. 341–352.
2. *Углов В. В., Кулешов А. К., Федотова Ю. А., Станек Я., Ходасевич В. В., Русальский Д. П., Рихтер Е., Гюнцель Р.* Плазменная иммерсионная имплантация азота в быстрорежущую сталь. Фазовый состав и механические свойства // *Физика и химия обработки материалов*. 1999. № 5. С. 18–25.

РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЛЩИНЫ ТОНКИХ ПЛЕНОК

Е. К. Воропай

Создание на поверхности деталей покрытий из других материалов позволяет значительно улучшить их функциональные свойства. Разработка технологии нанесения таких покрытий и контроль процесса требуют экспрессного и неразрушающего метода контроля толщины покрытий, что позволяет сделать рентгенодифракционный анализ. Спо-

собы, основанные на измерении интенсивности отражений от кристаллической подложки, позволяют с относительной ошибкой 5–10 % определить толщину любого покрытия, химический состав и плотность которого известны. Реализация этих способов возможна на любом дифрактометре общего назначения. Оценочные расчеты показывают, что рентгеновским способом можно определить минимальную толщину покрытий порядка 10^{-1} мкм.

Интенсивность рефлекса (hkl) от «бесконечно толстой» подложки I_{hkl} ослабляется покрытием толщиной h по сравнению с интенсивностью того же рефлекса от подложки без покрытия I_{hkl}^0 в соответствии с выражением [1]

$$I_{hkl} = I_{hkl}^0 \exp[-\mu_n kh], \quad (1)$$

где μ_n – линейный коэффициент ослабления монохроматического излучения в покрытии, а величина $k = (1/\sin \alpha + 1/\sin \delta)$ – постоянная, зависящая от геометрии съемки. Тогда из выражения (1) следует

$$h = \frac{1}{\mu_n k} \ln \frac{I_{hkl}^0}{I_{hkl}}. \quad (2)$$

Для повышения точности измерения следует регистрировать наиболее интенсивное отражение подложки, т. е. обычно линию с малым углом дифракции.

Если экспериментальное измерение I_{hkl}^0 невозможно, т. е. нет участков подложки, свободных от покрытия, или отсутствует эталон из материала подложки, поверхностный слой которого находится в том же структурном состоянии, что и основа покрытой детали, то выражение (2) неприменимо для измерения толщины покрытия. В этом случае возможно измерить при съемке с фокусировкой по Брэггу–Брентано (т. е. при $\alpha = \delta = \theta_0$) отношение интенсивности двух порядков отражения. Это отношение не зависит от текстуры образца. Учитывая, что $\sin \theta_{2h2k2l} = 2 \sin \theta_{hkl}$, получим из выражения (1)

$$D = I_{hkl} / I_{2h2k2l} = C \exp(-\mu_n h / \sin \theta_{hkl}), \quad (3)$$

где $C = I_{hkl}^0 / I_{2h2k2l}^0$ определяется экспериментально для материала подложки (без покрытия) или рассчитывается в рамках кинематической теории. В ряде случаев для определения толщины тонких пленок целесообразно использовать методы, основанные на измерении интенсивности отражения от покрытия [2].

Предложен также достаточно простой метод определения толщины кристаллического покрытия на кристаллической подложке по измерению отношения интенсивностей близко расположенных по углу θ линий от покрытия и основы [3]. Интенсивность рассеянного рентгеновского излучения I на порошковом объекте определяется условием

$$I(hkl) = I_0 F^2(hkl) p G N K A, \quad (4)$$

где I_0 – интенсивность падающего луча; $F^2(hkl)$ – структурный фактор; p – фактор повторяемости; $G = G(\theta)$ – фактор, зависящий от угла дифракции и включающий в себя факторы геометрический, Лоренца и поляризации; N – фактор размерности, зависящий от числа рассеивающих центров; K – коэффициент перехода от электронных к экспериментальным единицам измерения интенсивности; A – фактор поглощения.

Если для анализа выбраны рядом лежащие рефлексы защитного покрытия и основы, т. е. $\theta_1 \approx \theta_2$, то отношение интенсивностей рефлексов поверхностного пленочного покрытия и основы имеет вид

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{F_2^2 p_2 (\sigma V)_1}{F_1^2 p_1 (\sigma V)_2} [\exp(\sigma_2 h) - 1]. \quad (5)$$

где 1 и 2 – индексы основы и поверхностной пленки соответственно, V – объем элементарной ячейки кристалла; h – толщина поверхностной пленки; $\sigma_{1,2} = 2\mu/\sin\theta_{1,2}$ μ – линейный коэффициент ослабления; $\theta_{1,2}$ – брэгговский угол.

Толщина покрытий, нанесенных на стальную подложку, может также определяться с помощью прибора, разработанного в ИПФ НАН РБ. Работа прибора основана на локальном намагничивании постоянным магнитом участка контролируемого изделия и последующем измерении индукции магнитного поля, созданного этим участком. Малые геометрические размеры магнита и практически точечный контакт обеспечивают высокую локальность измерения, а относительно большие намагничивающие поля – единую градуировку при измерении толщины намагниченных покрытий по широкому классу сталей. Прямым методом определения толщины покрытия является электронная микроскопия.

Для исследования в данной работе было выбрано покрытие на основе TiN, как получившее наиболее широкое применение защитное и износостойкое покрытие на режущем и обрабатывающем инструмен-

те. Одним из наиболее удобных и эффективных методов осаждения покрытий на основе нитридов переходных металлов является метод катодного дугового плазменного осаждения. Промышленное получение покрытий этим методом обычно реализуется по специально разработанной технологии КИБ – конденсации с ионной бомбардировкой. Первая стадия технологии КИБ при формировании покрытия TiN на подложке – это обработка поверхности подложки ионами Ti^+ , и лишь затем, на второй стадии, напыляется слой нитрида титана.

Осаждение покрытий TiN на установке ВУ-2МБС осуществлялось по технологии КИБ в две стадии:

1. Обработка поверхности подложки потоком плазмы Ti (так называемая стадия «ионной очистки») при следующих режимах: вакуум в камере 10^{-5} Па; ток дуги титанового катода 100 А; потенциал подложки 1 кВ; продолжительность ионной очистки 60 с.

2. Осаждение слоя TiN из плазмы титана с азотом при следующих режимах: давление азота в камере $1 \cdot 10^{-1}$ Па; ток дуги титанового катода 100 А; потенциал подложки 120 В; время осаждения 0,3, 1, 3, 5, 7 и 10 мин.

В качестве подложек были использованы: 1) углеродистая сталь У8А, в состав которой помимо железа входят следующие элементы: 0,795 вес.% С; 0,25 вес.% Si; 0,23 вес.% Mn; 0,15 вес.% Cr [4]; 2) молибден, в котором прокаткой создано преимущественное направление (200); 3) кремний с плоскостями (100), параллельными поверхности образца.

Толщина покрытий нитрида титана на стальной подложке определялась по формуле (5), используя рефлексы Fe(110) и TiN(111); полученные результаты сравнивались с толщиной, определенной магнитным методом. Толщина тонких пленок TiN на подложке из молибдена определялась по формуле (2), используя рефлекс Mo(200); проверка полученных значений проводилась прямыми микроскопическими исследованиями. Результаты измерений показаны в таблице. Покрытия нитрида титана на кремниевой основе были получены в качестве спутника для микроскопических исследований поперечного сечения. Наблюдается различие толщины покрытий, нанесенных на полупроводниковую и металлические подложки; это может быть связано с особенностью поведения полупроводниковых материалов при прикладывании смещающих напряжений.

Наблюдается хорошее согласование результатов, полученных рентгеновским методом с другими методами определения толщины, поэтому рентгенодифрактометрические методы могут быть использованы в качестве экспрессных неразрушающих методов.

Результаты определения толщины покрытий нитрида титана

t, мин	TiN/Y8A		TiN/Mo		TiN/Si
	h _{рентг} , МКМ	h _{магн} , МКМ	h _{рентг} , МКМ	h _{микро} , МКМ	h _{микро} , МКМ
0,3	0,4 ± 0,1	0,4 ± 0,1	0,4 ± 0,2	0,4 ± 0,1	1,17 ± 0,01
1	0,6 ± 0,1	0,5 ± 0,1	0,5 ± 0,2	0,7 ± 0,1	1,44 ± 0,01
3	1,1 ± 0,2	1,0 ± 0,1	0,7 ± 0,2	0,8 ± 0,1	–
5	1,7 ± 0,2	1,9 ± 0,2	1,4 ± 0,3	1,8 ± 0,1	1,67 ± 0,01
7	2,1 ± 0,3	2,3 ± 0,2	1,6 ± 0,3	1,9 ± 0,1	–
10	2,5 ± 0,3	2,7 ± 0,3	2,6 ± 0,4	2,2 ± 0,2	1,92 ± 0,01

Литература

1. Еднерал Н. В., Иванов А. Н., Косяк Г. Н., Фомичева Е. И. Рентгенографическое измерение толщины покрытий // Известия РАН. Дефектоскопия. 1993. № 9. С. 41–44.
2. Иванов А. Н., Ягодкин Ю. Д. Рентгеноструктурный анализ поверхностного слоя (обзор) // Заводская лаборатория. 2000. № 5. С. 24–35.
3. Лиопо В. А., Война В. В., Богословский А. А., Вершенко Л. В. Рентгенографическое определение толщины металлического покрытия на поверхности другого металла // Заводская лаборатория. 1993. № 7. С. 28–30.
4. Геллер Ю. А. Инструментальные стали. М.: Металлургия, 1983. 526 с.

ПОВЕРХНОСТНЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ В ТОНКИХ ИЗОТРОПНЫХ СЛОЯХ С АНИЗОТРОПНЫМИ ПОДЛОЖКАМИ

В. М. Галынский

Поверхностными электромагнитными волнами называют электромагнитные волны, которые распространяются вдоль поверхностей или границ раздела сред. Напряженность электромагнитного поля в такой волне экспоненциально убывает при удалении от плоскости раздела сред, а вдоль этой плоскости поле изменяется синусоидально. Поверхностные волны стали изучаться еще в начале XX столетия. Только в последние 20–25 лет, главным образом под влиянием физики конденсированных сред и особенно физики поверхности, они стали широко изучаться. Рассматривая плоскую границу изотропной среды с диэлектрической проницаемостью ε с вакуумом, легко показать, что для существования поверхностной волны необходимо, чтобы величина ε была отрицательна [1, с. 13]. В работе [2] был открыт новый тип поверхностных электромагнитных волн, для существования которых не требуется поверхностной активности (отрицательность диэлектрической проницаемости) среды. Существование этих волн обусловлено

различной кристаллографической симметрией граничащих сред, их анизотропией. В работе [3] исследовалось существование поверхностных волн на границе двух положительных одноосных кристаллов с осями, лежащими на этой границе.

В нашей работе исследовались вопросы существования поверхностных электромагнитных волн в структурах одноосный кристалл – изотропный диэлектрический слой – одноосный кристалл, локализованных у границ раздела сред. Рассматривался случай одинаковых, положительных одноосных кристаллов с оптическими осями, лежащими в плоскостях раздела сред, образующих между собой некоторый угол ζ . С использованием ковариантного операторного подхода [5] и с использованием тензоров поверхностных импедансов, вычисленных с помощью интегрального формализма [4], получено дисперсионное уравнение для поверхностных волн в рассматриваемых структурах. Получена формула для определения границ интервала углов существования ПП на границе двух одинаковых одноосных кристаллов. Показано, что для случая сильной и слабой анизотропии результаты совпадают с полученными ранее в [3].

В пакете Mathematica 3,0 разработаны программы для численного решения дисперсионного уравнения. Построены численные зависимости положения и угловых ширин интервалов существования от толщины изотропного слоя и угла между оптическими осями кристаллов. В предельных случаях нулевой и бесконечно большой толщины слоя полученные нами результаты совпадают с результатами работ [2;3]. Показано, что при определенных толщинах изотропного слоя и углах скрещивания оптических осей возбуждение поверхностных электромагнитных волн у границ раздела невозможно.

Литература

1. Поверхностные поляритоны. / Под ред. В. М. Аграновича и Д. Л. Миллса. М.: Наука, 1985.
2. Дьяконов М. И. Новый тип пограничных электромагнитных волн // ЖЭТФ. 1988. Т. 94. Вып. 4. С. 119–123.
3. Аверкиев Н. С., Дьяконов М. И. Электромагнитные волны, локализованные на границе раздела прозрачных анизотропных сред // Оптика и спектроскопия. 1990. Т. 68. Вып. 5. С. 1118–1121.
4. Furs A. N., Barkovsky L. M. // Microwave and Opt. Technol. Lett. 1997. V. 14. P. 301–305.
5. Федоров Ф. И. Теория гиротропии / Мн.: Наука и техника, 1976.

ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ПОГРУЖЕНИЕ КАК СПОСОБ УГЛУБЛЕННОГО ИЗУЧЕНИЯ КУЛЬТУРЫ

Е. М. Геращенко

Педагогическое погружение начинает свою историю с 1915 г., когда автор проекта переустройства системы образования России П. М. Луговской разработал идею «погружения в изучаемый предмет». Он писал: «Каждый предмет должен преподаваться в объеме программы соответствующего класса на протяжении учебного года в особые три десятидневных периода времени, отделенных один от другого такой же продолжительности периодами преподавания остальных предметов, при двух уроках в день, чередующихся с уроками по языкам и графическим искусствам».

В наше время родоначальником педагогической технологии погружения в обучении стал М.П. Щетинин, создавший в селе школу, где педагогическое погружение дает возможность каждому ученику не только глубоко разбираться в изучаемой теме, но и работать в своем темпе и по своей траектории. Педагогическое погружение обеспечивает сотрудничество учителей и учащихся при свободе выбора.

Московская «школа самоопределения» уже свыше десяти лет проводит эксперимент, где ведущее место занимает педагогическое погружение. Изучение авторских работ учителей этой школы позволяет выделить основные условия и педтехнологии педагогического погружения как формы организации занятий в разновозрастных группах парк-студий. Выделяем характерные признаки педагогического погружения:

- внимание учащихся на протяжении от двух до десяти дней сосредоточено на одном предмете (науке, отрасли знаний);
- в «одну и ту же реку познания» включаются и учащиеся, и учителя, открывая новое для каждого;
- изучение явлений происходит в микрогруппах, отличающихся друг от друга продвинутостью в материале;
- содержание отбирается в зависимости от личностной ориентации и интересов дела, проблемы, увлеченности учащихся;
- в общем поле деятельности каждый ученик автономен, но результаты его труда необходимы для общего дела, для делового сотрудничества;
- в каждом классе должна измениться доминанта – учение для себя превратится в учение для других;

- результатом погружения могут быть творческие работы, сочинения, доклады, научные статьи и др.;
- на уроке создается ситуация «разделенного успеха» – красивый результат общего труда;
- погружение позволяет при определенных условиях не «проходить» произведение, а проживать или переживать его;
- заканчивается погружение вопросом, что лично каждому дала работа;
- используются сравнения и версионный принцип преподавания;
- балльной системы оценивания нет; успехи каждого ученика сравниваются с его личным продвижением;
- педагогическое погружение может использоваться в любом возрасте, с первого по одиннадцатый классы и, конечно, в ВУЗах.

СЛАБЫЙ ПРИНЦИП ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ В КВАНТОВОЙ ОБЛАСТИ

С. В. Гришкевич

В классической физике утверждается, что никакое внешнее однородное статическое поле не может быть обнаружено в свободно падающем лифте, поскольку наблюдатель, пробные тела и сам лифт приобретают в этом поле одинаковые ускорения. Это утверждение, известное как слабый принцип эквивалентности, есть не что иное, как формулировка наблюдаемого равенства гравитационной и инертной масс. Но здесь речь идет о классических системах. Опыты по закручиванию нити для маятников равной длины, выполненные Этвишем, Дикке – это классические опыты, т. е. опыты, при проведении которых использовались классические пробные тела [1]. Однако нельзя с уверенностью утверждать о справедливости слабого принципа эквивалентности и в том случае, если гравитационное поле действовало на квантовую частицу. На сегодняшний день имеются результаты [2], которые показывают, что простой классический кинематический подход содержит принципиальные трудности при его экстраполяции на квантовую область; для квантовых частиц может наблюдаться нарушение принципа эквивалентности.

В научной литературе часто используется следующее утверждение [3]: если любая из двух величин, A или B , несет квантовую неопределенность, Δ тогда нельзя утверждать о равенстве A и B с точно-

стью $\frac{\Delta}{(A + B)/2}$. Следуя этому утверждению, можно сформулировать квантовое нарушение принципа эквивалентности в виде

$$m_g = (1 + f)m_i, \quad (1)$$

где f исчезает для классического случая и не равно нулю для квантового. Формула (1) записана исходя из общих соображений, а не вычислена с использованием конкретной физической модели. Поэтому можно задаться целью проверить эту формулу, используя определенную физическую систему. Например, можно взять атом водорода в нестационарном состоянии, который свободно падает на фоне классического гравитационного поля. Необходимо проверить, будет ли такая система двигаться по геодезической или в случае нарушения принципа эквивалентности будет наблюдаться отклонение, порядок которого предстоит оценить. Рассмотрим именно этот физический случай и начнем с исследования уравнений движения квантовой системы.

В качестве модели возьмем систему, для которой будут выполняться уравнения Матиссона–Попапетру (одноэлектронный атом во внешнем классическом гравитационном поле). Будем рассматривать движение нашей системы в сопутствующей системе отсчета одиночного наблюдателя. Уравнения Матиссона–Попапетру тогда можно переписать в тетрадных компонентах следующим образом:

$$\begin{aligned} \mu W_{(\nu)} &= -c e^{(\mu)(\sigma)(\tau)} R_{(4)(\sigma)(\nu)(\mu)} \bar{S}_{(\tau)} + q F_{(\nu)(4)} \\ \frac{d}{d\tau} \bar{S}_{(\alpha)} &= e_{(\alpha)(\sigma)(\nu)} \omega^{(\nu)} \bar{S}^{(\sigma)}, \quad \bar{S}_{(4)} = 0, \end{aligned} \quad (2)$$

где μ – масса ядра, $\bar{S}_{(\tau)}$ – классическое значение спина ядра. Необходимо рассчитать тетрадные компоненты усредненного электромагнитного поля $F_{(\nu)(4)}$, создаваемого атомным электроном. Для этого сначала обратим внимание на следующее: ясно, что для случая стационарного состояния нашей квантовой системы нарушения принципа эквивалентности наблюдаться не будет. Но иначе будет обстоять дело, если состояние будет нестационарным; заранее трудно сказать, будет ли отклонение иметь существенный порядок. Поэтому необходимо получить выражения, по которым можно было бы оценить, насколько существенно нарушение принципа эквивалентности. Пусть наша

квантовая система находится в нестационарном состоянии. Тогда для ожидаемых значений 3-скорости и 3-ускорения запишем:

$$\left\langle \begin{matrix} 0^{(\alpha)} \\ x \end{matrix} \right\rangle = \varepsilon_1^\alpha, \quad \left\langle \begin{matrix} 00^{(\alpha)} \\ x \end{matrix} \right\rangle = \varepsilon_2^\alpha \quad (3)$$

где величины ε_1^α и ε_2^α можно оценить, используя соотношения неопределенности Гейзенберга. Вычислив (3), можно записать выражение для усредненного электромагнитного поля $F_{(v)(4)}$ и уравнения движения (2). Но уравнения (2) было бы разумно рассмотреть в приближении слабого поля. Именно этому приближению отвечают наиболее доступные для проведения эксперимента системы, а именно системы, подобные солнечной, т. е. медленно движущиеся тела, связанные слабыми гравитационными силами. Ньютоновское приближение будет достаточно точно описывать задачу в такого рода системах. С учетом всего сказанного можно переписать (2) в лабораторной системе координат, зная, как время t в лабораторных координатах связано с собственным временем τ , измеряемым для атома, свободно падающего со скоростью v :

$$(\mu + m + m_{\text{э.м.}}) \frac{d^2 x^\alpha}{dt^2} = -\frac{m}{c^2} (1 - v^2) \varepsilon_2^\alpha - \frac{\mu + m + m_{\text{э.м.}}}{c^2} \frac{\partial \phi}{\partial x^\alpha} + O\left(\frac{1}{c^2}\right), \quad (4)$$

где $m_{\text{э.м.}}$ – масса электромагнитного поля электрона, ϕ – ньютоновский потенциал. Вследствие симметрии системы целесообразно перейти от декартовых координат к сферическим. Расчет показывает, что единственный ненулевой член в ε_2^α будет член с z компонентой ε_2^z , численное значение для которого будет следующим:

$$\varepsilon_2^z = 33.02 \times 10^{22} \frac{\text{см}}{c^2} \cos 15.37 \times 10^{15} \frac{t}{c}. \quad (5)$$

Для того чтобы оценить порядок отклонения движения атома от движения по геодезической, поступим следующим образом: сначала численно решаем уравнение (4), затем решаем уравнение, которое описывает движение атома по геодезической (уравнение (4), но с правочленным членом ε_2^z , равным нулю); после чего оба решения сравниваются, и результат сравнения даст нам искомую величину. После

проведения этой процедуры получим, что отклонение будет величина порядка 10^{-7} .

Формула (4) не совпадает с (1), которая часто встречается в публикациях. Это дает основания говорить о несправедливости использования (1) для оценки нарушения принципа эквивалентности. Этого результата можно было ожидать, ведь форма соотношения (1) приводится исходя не из конкретной квантовой системы, а из общих соображений. Полученная формула (4), напротив, выведена из конкретной физической модели и дает вполне измеримое число для отклонения движения атома от движения по геодезической. Трудность, с которой можно столкнуться при реализации данной квантовой системы на эксперименте, может заключаться в приготовлении необходимого стационарного состояния для атома водорода.

Литература

1. Dicke R. H., Roll P. G., Krotkov R. // Ann. Phys. 1976. V 26. P. 442.
2. Viola L., Onofrio R. // Phys. Rev. 1997. D55. P. 455.
3. Adunas G. Z., Rodriguez-Milla E., Ahluwalia D. V. Probing Quantum Aspects of Gravity // Theoretical Physic Group. 2000. ISGBG.
4. Gorbatsievich A. K. On the equation of motion of a one-electron atom in an external gravitational field // Acta Physica Polonica. 1986. № 2. Vol. B 17.

СПЕКТРАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ФРАКТАЛЬНЫХ СЛОИСТЫХ СРЕД

С. В. Жуковский

Наряду с общими операторными методами при изучении физики сложных слоистых структур плодотворно аналитическое рассмотрение конкретных геометрических закономерностей структуры (таких, как периодичность или упорядоченность) в сравнении со свойствами распространения волн (спектральные или локализационные закономерности) с целью установления корреляции между ними.

В рамках такого подхода лучше всего изучены два класса многослойников: *периодические*, в спектрах которых обнаружены фотонные запрещенные зоны (ФЗЗ), и *случайные*, обнаруживающие локализацию энергии волны внутри структуры [1]. Значительно менее изучен промежуточный случай *детерминированных неперiodических* структур (ДНС), однако и в этом случае было установлено, что *квазипериодические* среды обладают самоподобными спектрами [2].

В данной работе показано, что другой класс ДНС – *фрактальные среды* – обладает свойством *масштабируемости спектров*, которое непосредственно следует из геометрического самоподобия структур.

Фрактальные слоистые структуры общего вида, исследованные в работе, проще всего построить по следующему алгоритму. Структура строится из слоев двух типов: А (показатель преломления n_A , толщина d_A) и В (n_B , d_B), причем параметры слоев связаны *четвертьволновым условием* $n_A d_A = n_B d_B$.

На начальном этапе «затравка» представляет собой одиночный слой типа В, после чего в результате N -кратного применения правила замещения определенного вида

$$A \rightarrow \underbrace{AAA \dots A}_{G \text{ times}}, \quad B \rightarrow \underbrace{Z_1 Z_2 \dots Z_G}_{G \text{ times}}, \quad Z_k = \begin{cases} A, k \in C \\ B, k \notin C \end{cases}, \quad (1)$$

где натуральное число G называется *генератором* структуры, а множество $C \subset \{0, 1, \dots, G-1\}$ – *генерационным множеством*, получаем фрактальную слоистую структуру, которую в дальнейшем удобно обозначать как (G, C, N) -структуру. Число N носит название *номера поколения*. Примеры таких структур рассмотрены в нашей работе [3].

Свойство *масштабируемости* спектров было впервые обнаружено в численных расчетах в [5]. Оно заключается в том, что если спектр (G, C, N) -структуры растянуть по оси частот в определенное число раз (называемое *масштабным фактором*), то полученный график совпадет со спектром (G, C, N') -структуры. При этом масштабный фактор оказался равным $S = G^{N-N'}$.

Дальнейшие аналитические исследования проводились с использованием сделанного нами обобщения метода расчета спектров Джеггарда–Сана, разработанного для самоподобных многослойников [4]. Согласно этому методу, коэффициенты отражения и пропускания (G, C, N) -структуры выражаются через коэффициенты предыдущего поколения и частотнозависимые экспоненциальные множители.

При рассмотрении масштабируемости оказывается, что при сравнении коэффициентов $T_N(\Delta_N, \omega/S)$ и $T_{N-1}(\Delta_{N-1}, \omega)$ и их подстановке в рекуррентное разложение вышеупомянутые экспоненциальные множители *выравниваются* в силу обусловленного самоподобием соотношения для толщины (G, C, N) -структуры

$$\Delta_N = (G - C)^N d_B + (G^N - (G - C)^N) d_A = (G - C) \Delta_{N-1} + C \tilde{\Delta}_{N-1}. \quad (2)$$

Различие проявляет себя только в коэффициентах нулевого поколения $T_1(\Delta_1, \omega/S)$ и $T_0(\Delta_0, \omega)$, приравнивание которых в приближении малого контраста в показателях преломления ($n_A \approx n_B$) порождает четвертьволновое условие.

В качестве результата работы следует отметить, что так как наличие масштабируемости аналитически получено на основе метода, основанного на самоподобии структуры [4], то первое можно считать следствием последнего. Приближения, сделанные в ходе аналитического доказательства, говорят о *неточности* масштабируемости. Она порождена *конечным номером поколения* подобно тому, как нарушается абсолютность ФЗЗ в конечных периодических структурах. Однако определенные условия (малость n_A/n_B и четвертьволновое условие) позволяют численно наблюдать эффект и при малых N (см. [3]).

Литература

1. *S. John*. Localization of light in disordered and periodic dielectrics. // NATO ASI Ser. B: Phys. Vol. 340. 1995. P. 523–585.
2. *M. Kohmoto, B. Sutherland*. Critical wave functions and a Cantor-set spectrum of a one-dimensional quasicrystal model // Phys. Rev. B. Vol. 35. 1987. P. 1020–1033.
3. *A. V. Lavrinenko et al.* Propagation of classical waves in non-periodic media: Scaling properties of an optical Cantor filter // Phys. Rev. E. Vol. 65. 2002. P. 036621.
4. *D. L. Jaggard, X. Sun*. Reflection from fractal multilayers // Opt. Lett. Vol. 15. 1990. P. 1428–1432.

О ФОРМЕ ЛИНИИ ЭПР В СИСТЕМАХ С НЕРЕЗОНАНСНЫМ ПОГЛОЩЕНИЕМ

В. В. Забайрачный, С. В. Адашкевич

При исследовании полупроводниковых материалов методом электронного парамагнитного резонанса нередко случаи, когда полученный спектр имеет искаженную форму. Так, например, на рис. 1 показан спектр образца антрацита, размещенного вертикально в резонаторе. Длина образца 7 мм, толщина 2 мм, и он может считаться одномерным.

Спектр имеет классическую симметричную форму. Однако при помещении образца в горизонтальную плоскость (рис. 2), параллельно линиям магнитной индукции, спектр становится сильно несимметричным с отношением $A/B = 4$. Такой эффект был впервые замечен для металлов, и теория, объясняющая его, была разработана Дайсоном. Дайсон считал, что такая форма линии ЭПР обусловлена электронами проводимости и зависит от времени T_D , которое необходимо для диф-

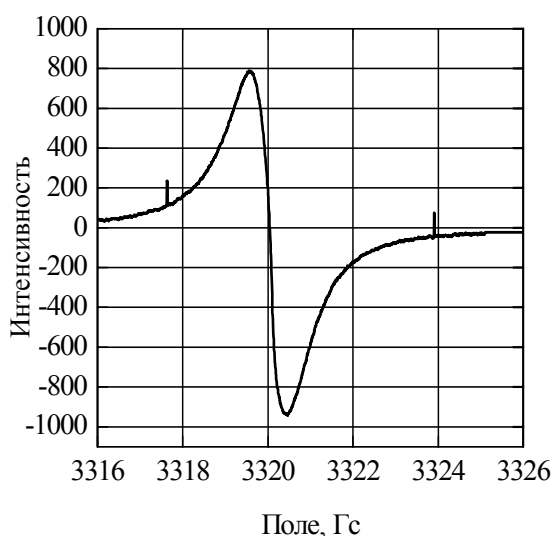


Рис. 1. Спектр первой производной сигнала поглощения образца антрацита при его расположении вертикально в резонаторе

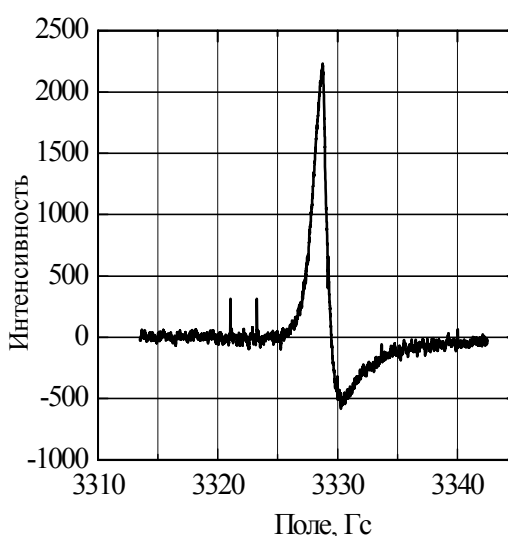


Рис. 2. Спектр первой производной сигнала ЭПР образца антрацита при его расположении горизонтально в резонаторе в форме дисперсии

фузии электрона сквозь скин-слой, от времени T_T , которое необходимо для пересечения всего образца, и от времени T_p электронной спин-решеточной релаксации. При этом предполагалось, что средняя длина свободного пробега электрона велика по сравнению с толщиной скин-слоя.

Но такие материалы, как антрацит, как правило, имеют прыжковую проводимость. А если образец имеет прыжковую проводимость, то подвижность электронов в нем очень мала и длина свободного пробега (без потери поляризации) не может быть больше толщины скин-слоя. Кроме того, для данного образца толщина скин-слоя (рис. 3) намного больше толщины самого образца, и поэтому само понятие скин-слоя теряет смысл. По этим причинам теория Дайсона в данном случае неприменима.

Но такая форма кривой может быть объяснена в рамках другой модели. Предположим, что первопричиной основных явлений в образце является наличие переменной компоненты $H_1^{\text{лок}}$ поля в месте расположения образца. Эта компонента, взаимодействуя с локализованными носителями заряда, и определяет явление резонансного ЭПР-поглощения. Изменяющаяся во времени компонента вызывает появление в зоне образца полей $E_1^{\text{лок}} \perp H_1^{\text{лок}}$, которые суммируются и взаимодействуют с делокализованными носителями, вызывая нерезонансное поглощение. Результирующее поглощение будет являться

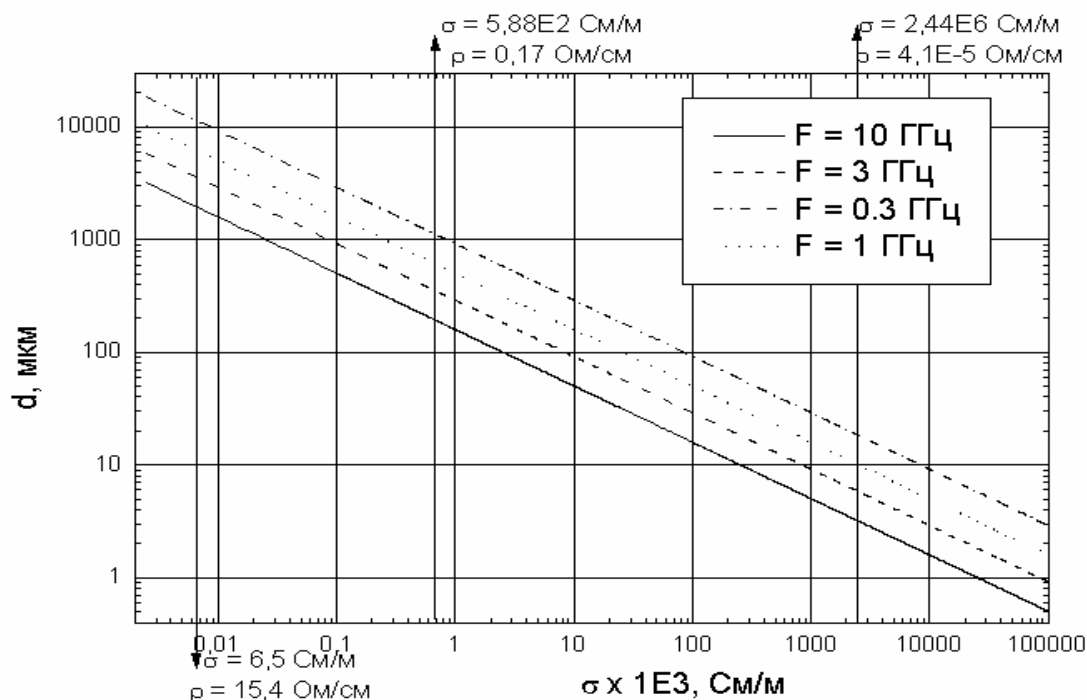


Рис. 3. Номограмма для расчета толщины скин-слоя для образцов с различными значениями удельной электропроводности

суммой резонансного и нерезонансного $P_0 = P_{\text{рез}} + P_{\text{нерез}}$. Такое поглощение мощности вызывает нарушение баланса в СВЧ-цепи спектрометра, в результате чего на детектор поступает дополнительная часть мощности. Результат детектирования тогда будет определяться значениями амплитуды и фазы всех компонент мощности.

При амплитуде резонансно поглощенной мощности, меньшей, чем амплитуда мощности нерезонансного поглощения, и условии, что фазы этих мощностей сдвинуты на 90° (что естественно), сигнал на выходе детектора СВЧ будет иметь форму дисперсии. При других соотношениях амплитуд сигнал будет иметь промежуточную форму между сигналами дисперсии и поглощения.

Литература

1. Вертхейм Г., Хаусман А., Зандер В. Электронная структура точечных дефектов. М.: Атомиздат, 1977.
2. Вертц Дж., Болтон Дж. Теория и практические приложения метода ЭПР. М.: Мир, 1975.
3. Пул Ч. Техника ЭПР спектроскопии М.: Мир, 1970.
4. Адашкевич С.В., Стельмах В.Ф., Михнов С.А. и др. Фуллереноподобные структуры в каменных углях // Сб. науч. тр. / Фуллерены и фуллереноподобные структуры. Мн.: БГУ, 2000. С. 106–113.

ГУМАНИЗАЦИЯ СУБЪЕКТ-СУБЪЕКТНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В ОБРАЗОВАНИИ

П. С. Иванова

Гуманизм мы понимаем как обобщенное название самых различных, часто взаимоисключающих друг друга направлений гуманитарной мысли, возникающих на временной линии на различном удалении от нас, но объединенных несколькими общими свойствами: оппозиционностью окружающих их во времени и пространстве направлений гуманитарной мысли и стремлением поставить во главу угла заботу о благе людей/человека, естественно, в меру того, какое было на дворе время и как «благо» понималось представителями той или иной гуманистической «школы».

В связи с изменением социокультурных условий в данном временном и пространственном контексте нам представляется важным гуманизация субъект-субъектных взаимодействий в образовании. Мы предполагаем рассмотреть данную проблему сквозь призму методологии и технологии Нейролингвистического Программирования (НЛП).

НЛП возникло в середине 70-х гг. в США и исходит из тезиса, что любая наука, идеология, теория является только моделью (картой) той действительности (территории), которую она описывает. Любая теория, идеология, научное направление представляет из себя набор стереотипов и ритуалов, которые успешно действуют в одних контекстах (системах) и неуспешно в других.

Контекстами НЛП являются внутренние психические процессы, внешняя коммуникация и ее подсистемы: педагогика, искусство, психотерапия и т.д. НЛП создает и инкорпорирует модели, которые позволяют эффективно описывать и решать задачи в данных системах.

Нам представляется, что проблемы с гуманизацией во многом исходят из того, что убеждения и практика массового педагогического научного и обыденного сознания строятся на представлениях об объективной реальности и объективной истине, которые трансформируются часто в неосознанные стереотипы:

- есть одна реальность, истина или одна правильная реальность, правильная истина – она сформулирована в постулатах научного, идеологического направления, которое педагог считает верным;
- эта реальность есть объективная истина (для всех, всегда, во всех контекстах), и она на самом деле есть настоящая «территория»;

- все остальные реальности неистинные, неправильные, несерьезные, не заслуживающие внимания;
- ребенок объективно талантлив, неталантлив, дисциплинирован, недисциплинирован.

Нам представляется, что и эпистемологический подход, гласящий, что «моя карта» (ученика, содержания, форм взаимодействия и т.д.) и есть «территория», как на макроуровне (научном), так и на микроуровне (субъект-субъект) стоит на пути гуманизации образования.

На макроуровне он приводит к тому, что педагогическая реальность – предметное поле педагогики – обносится забором и научно-педагогическими признаются лишь те решения, которые найдены в его пределах. Но, как показывает жизнь, многие проблемы внутри забора десятилетиями не находят эффективного решения.

На микроуровне трудно говорить о гуманизации и субъект-субъектных отношениях, когда «ключевые» субъекты смотрят на мир сквозь стекла, на которых большими и красивыми буквами написано: «Моя карта и есть настоящая территория, а твоя карта, в лучшем случае, ошибка природы».

НЛП исходит из представления, что у каждого человека есть своя модель-карта, которая в той или иной степени отличается от территории, которую она описывает. Карта одного человека отличается от карты другого. Внутри карты есть, а также могут быть выстроены множества реальностей с различными свойствами, возможностями и ресурсами (объективная реальность всего лишь одна из них), которые могут выходить на первое место в зависимости от задачи, которая стоит перед человеком, и от контекста (системы), в котором она сформулирована. Педагогическая цель нам видится в расширении карт всех субъектов педагогического взаимодействия через присоединение карты одного субъекта педагогического процесса к карте другого и создание на стыке ресурсного состояния реальности с нужными качествами. Это достигается в различных формах педагогического взаимодействия как при помощи объективной реальности, так и при помощи всякой другой вымышленной реальности.

Именно таким нам видится НЛП – подход к проблемам гуманизации образования. Мы видим миссию НЛП в идеологическом, технологическом, терминологическом обеспечении этого процесса:

- на макроуровне расширение карты той науки, которая называется педагогикой, и введение понятий: карта, территория, аксиоматики НЛП (карта не равна территории, карта не равна карте);
- на микроуровне признание того, что карта является не только врожденным правом, но и свойством человека.

ВЛИЯНИЕ АНИОНОВ CO_3^{2-} И HCO_3^- НА СТАБИЛЬНОСТЬ ДВОЙНОЙ СПИРАЛИ ДНК

И. А. Капуцкая

Нейтральные соли сильно влияют на стабильность двойной спирали ДНК. Прежде всего это относится к катионам, которые, начиная с очень малых концентраций, резко увеличивают стабильность (температуру плавления, T_m) двойной спирали ДНК, когда к ее раствору добавляются соли щелочных (K^+ , Na^+ , Li^+) или щелочноземельных (Mg^{2+} , Ca^{2+}) металлов.

Однако при очень высоких концентрациях солей (более 1 М) на величину стабильности двойной спирали влияют в первую очередь анионы. Разница действия катионов при этом мала. Среди анионов имеются ярко выраженные стабилизаторы (SO_4^{2-}) и дестабилизаторы (ClO_4^-) двойной спирали. Ион Cl^- является сравнительно нейтральным.

До настоящего времени влияние ионов, образующихся при растворении в воде Na_2CO_3 , на стабильность ДНК не изучалось. Вместе с тем растворы Na_2CO_3 широко используются при работе с белками и нуклеиновыми кислотами. Поэтому необходимо провести детальное исследование влияния анионов HCO_3^- и CO_3^{2-} на стабильность двойной спирали ДНК.

Цели исследования

- Изучить влияние различных концентраций Na_2CO_3 на стабильность двойной спирали ДНК путем регистрации кривых плавления спектрофотометрическим и микрокалориметрическим методами.
- Выявить раздельное влияние ионов Na^+ , HCO_3^- и CO_3^{2-} , а также pH среды на стабильность двойной спирали ДНК.
- Установить нижнюю концентрационную границу влияния HCO_3^- и CO_3^{2-} на стабильность двойной спирали.

Методом спектрофотометрии исследовалась стабильность двойной спирали ДНК в растворах Na_2CO_3 различной концентрации.

Зависимость T_m от молярной концентрации Na_2CO_3 представлена на рис. 1. Она имеет сложный характер. Чтобы выяснить причины, обуславливающие такую форму кривой, было рассмотрено три фактора, влияющие на стабильность ДНК в растворе Na_2CO_3 .

- При увеличении концентрации Na_2CO_3 в растворе растет концентрация ионов Na^+ , что оказывает стабилизирующее влияние на двойную спираль ДНК благодаря экранированию отрицательного заряда фосфатных групп.

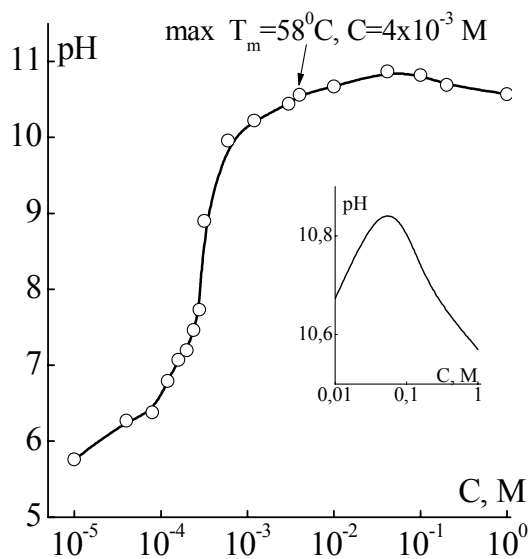


Рис. 1. Зависимость pH от молярной концентрации Na_2CO_3

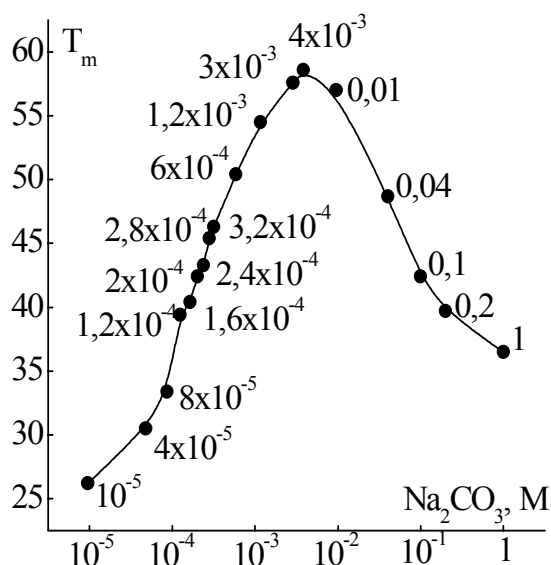


Рис. 2. Зависимость температуры плавления ДНК (T_m) от молярной концентрации Na_2CO_3 . Во всех образцах содержится 5×10^{-5} М ЭДТА, чтобы удалить из раствора ионы двухвалентных металлов (Mg^{2+}), которые сильно стабилизируют двойную спираль ДНК при низких концентрациях Na_2CO_3 и искажают результаты исследований. На рисунке указаны молярные концентрации Na_2CO_3 . Концентрация ДНК 0,05 мг/мл

- При увеличении концентрации Na_2CO_3 от 10^{-5} до $4 \cdot 10^{-2}$ М растет pH раствора от 5,7 до 10,8 (рис. 2). Повышение pH до 7÷8 слегка стабилизирует двойную спираль ДНК, однако дальнейший рост pH вызывает ее дестабилизацию.

- Анионы CO_3^{2-} и HCO_3^- также могут влиять на стабильность двойной спирали.

Из рис. 2 следует, что главную роль в дестабилизации ДНК может играть резкое повышение pH с ростом концентрации Na_2CO_3 . Рост pH прекращается при концентрации Na_2CO_3 , равной $4 \cdot 10^{-2}$ М, а затем pH начинает слегка уменьшаться. Однако температура плавления ДНК продолжает резко падать, несмотря на это снижение pH. Этот результат позволяет предположить, что дестабилизация вызвана не только ростом pH, но и дестабилизирующим влиянием анионов HCO_3^- и CO_3^{2-} на двойную спираль ДНК.

Чтобы проверить это, были получены зависимости температуры плавления ДНК от pH в растворах, содержащих 0,1 М Na_2CO_3 и $4 \cdot 10^{-3}$ М Na_2CO_3 , 0,2 М NaCl , где концентрация Na^+ одинаковая и соответствует физиологической. pH растворов варьировали путем добавления

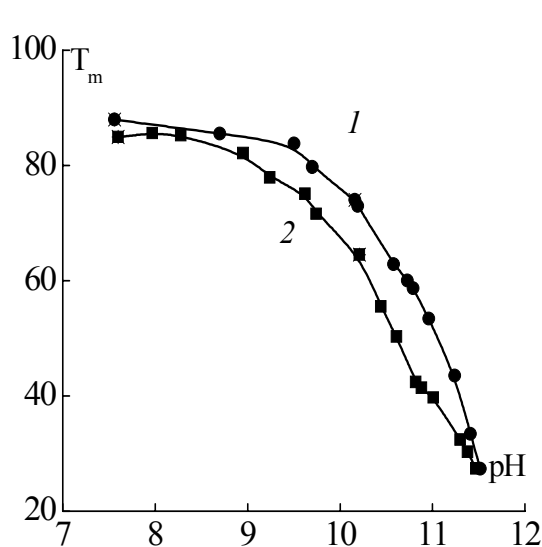


Рис. 3. Зависимости температуры плавления от pH в 0,2 М NaCl (1) и 0,1 М Na_2CO_3 (2). Звездочками обозначены точки, полученные методом дифференциальной сканирующей микрокалориметрии

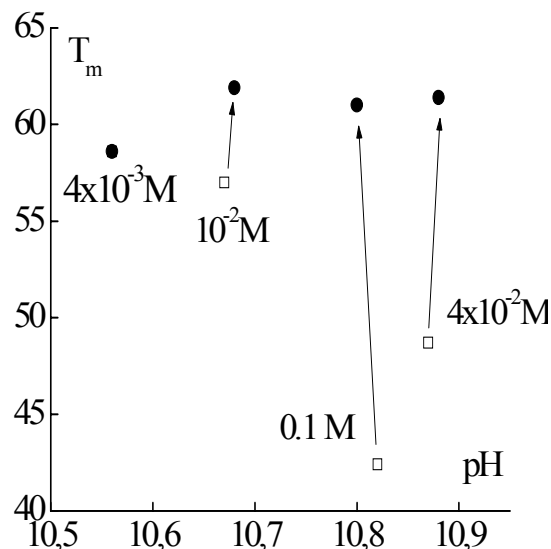


Рис. 4. Иллюстрация дестабилизирующего действия малых концентраций анионов HCO_3^- и CO_3^{2-} на двойную спираль ДНК.

1) Точки зависимости $T_m(\text{pH})$ для случая, когда pH и концентрация Na^+ изменяется в результате увеличения концентрации Na_2CO_3 (зависимость 1, $\square$). Концентрации Na_2CO_3 указаны на рисунке. 2) Точки зависимости $T_m(\text{pH})$ в среде, содержащей 4×10^{-3} М Na_2CO_3 и количество ионов Na^+ , введенных путем добавления NaCl, соответствующее зависимости 1 (зависимость 2, $\bullet$). pH, соответствующее зависимости 1 получали путем добавления NaOH. Соответствующие точки зависимостей 1 и 2 соединены стрелками

HCl для снижения pH или NaOH для увеличения pH. Оказалось, что температура плавления ДНК в растворе с большей концентрацией Na_2CO_3 на 5–12 °С ниже, чем с меньшей концентрацией (рис. 3).

Обычно дестабилизирующий (или стабилизирующий) эффект анионов начинает проявляться при гораздо более высоких концентрациях (~1 М). Было исследовано влияние на стабильность двойной спирали ДНК различных концентраций Na_2CO_3 из интервала $4 \cdot 10^{-3} - 10^{-1}$ М в сравнении с концентрацией $4 \cdot 10^{-3}$ М Na_2CO_3 . Результаты этих экспериментов представлены на рис. 4, из которого видно, что дестабилизирующий эффект возникает при концентрации Na_2CO_3 , равной $4 \cdot 10^{-3}$ М.

Таким образом, выявлено дестабилизирующее действие на двойную спираль ДНК анионов HCO_3^- и CO_3^{2-} , начиная с концентраций $\sim 10^{-3}$ М. Разработана методика, позволяющая разделить воздействие на двойную спираль кислотности среды, которая изменяется в присут-

ствии Na_2CO_3 , ионов Na^+ и анионов HCO_3^- и CO_3^{2-} . Показано, что любые концентрации Na_2CO_3 , используемые в настоящее время в различных методиках выделения, анализа и очистки ДНК, не вызывают нарушения стабильности двойной спирали при комнатных и более низких температурах. Однако при температуре, превышающей 30°C , такие нарушения могут иметь место.

Работа поддерживалась БФФИ, грант Б02М-091.

ОСОБЕННОСТИ РАССЕЯНИЯ ЧАСТИЦ НА ДАЛЬНОДЕЙСТВУЮЩИХ ПОТЕНЦИАЛАХ

П. Б. Кац

Как известно, сечение рассеяния на кулоновском потенциале в квантовой и классической механике получают формулу Резерфорда

$$d\sigma = (\alpha / 2mv^2)^2 \frac{d\Omega}{\sin^4 \frac{\theta}{2}}. \quad (1)$$

Полное сечение рассеяния, рассчитанное по формуле (1), окажется бесконечным. При этом точные собственные волновые функции рассеянной частицы не имеют особенностей.

Причина расходимости в том, что для получения формулы (1) используют асимптотический вид точной волновой функции

$$\psi \approx ce^{ikz} + \frac{f(\theta)}{r} e^{ikr}. \quad (2)$$

Эта асимптотика применима вплоть до очень малых, но не бесконечно малых углов рассеяния [1].

Углы рассеяния, для которых формула Резерфорда неприменима, соответствуют очень большим «прицельным расстояниям», на которых кулоновский потенциал экранируется, если рассеяние происходит на нейтральных атомах (см., например, [2], стр.87). Однако при исследовании рассеяния на пучках эта проблема становится актуальной.

В работе [3] была рассмотрена временная теория рассеяния частиц на дальнедействующем потенциале в рамках теории возмущений. Предполагалось, что в момент времени $t = 0$ вблизи точки $(0, 0, -z)$ образовался волновой пакет, описывающий рассматриваемую частицу.

В некоторый момент t рассматриваемый пакет в разложении по собственным функциям оператора Гамильтона будет иметь следующий вид:

$$\psi(\vec{r}, t) = \int d\vec{p} c(\vec{p}) \psi_p(\vec{r}) E_p(t), \quad E_p(t) = \exp(-i \frac{\hbar}{2m} p^2 t),$$

$$c(\vec{p}) = \int d\vec{q} b(\vec{k} - \vec{q}) \int d\vec{r}' \psi_p^*(\vec{r}') e^{i\vec{q}\vec{r}'} . \quad (3)$$

Дальнейший анализ временной эволюции волнового пакета был проведен с помощью борновского разложения собственных функций $\psi_p(\vec{r})$ оператора H :

$$\psi_p(\vec{r}) = e^{ipr} + \psi_{sc}(\vec{r}), \quad \psi_{sc}(\vec{r}) = -\frac{m}{2\pi\hbar^2} \int \frac{e^{ik|\vec{r}-\vec{r}'|}}{|\vec{r}-\vec{r}'|} V(\vec{r}') e^{i\vec{k}\vec{r}'} d\vec{r}' . \quad (4)$$

Рассмотрение временной теории процесса рассеяния при достаточно больших временах наблюдения приводит к эффективному обрезанию потенциала в выражении для волновой функции рассеиваемой частицы:

$$\psi(\vec{r}, t) = \int d\vec{p} b(\vec{k} - \vec{p}) e^{i\vec{p}\vec{r}} E_p(t) - \frac{m}{2\pi\hbar^2} \int d\vec{p} b(\vec{k} - \vec{p}) E_p(t) \int_L d\vec{r}_1 \frac{e^{ip|\vec{r}-\vec{r}_1|}}{|\vec{r}-\vec{r}_1|} V(\vec{r}_1), \quad (5)$$

где L – область интегрирования $|\vec{r} - \vec{r}_1| < \hbar p t / m$.

В результате было получено, что в случае короткодействующих потенциалов (убывающих с расстоянием быстрее, чем r^{-3}) асимптотика (2) справедлива. Для далекодействующих потенциалов было показано, что полное сечение рассеяния конечно, что математически обусловлено обрезанием потенциала в (5), а физически обусловлено тем, что вследствие конечного размера пакета области потенциала, в которых не побывала частица, вклада в рассеяние не дают. Сечение рассеяния зависит от расстояний от рассеивающего центра до источника и до детектора и поперечных размеров волнового пакета, описывающего рассеиваемую частицу. Это обусловлено тем, что из-за далекодействия потенциала он влияет на частицу все время от момента появления частицы до момента попадания ее в детектор.

В настоящей работе построено решение временной теории рассеяния с использованием точных волновых функций непрерывного спектра в кулоновском потенциале. Исследованы особенности сечения рассеяния в области малых углов.

Литература

1. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Квантовая механика. Нерелятивистская теория. М.: Наука, 1974.
2. Гольдбергер М., Ватсон К. Теория столкновений. М.: Мир, 1967.
3. Барышевский В. Г., Коренная Л. Н., Феранчук И. Д. // ЖЭТФ. 1971. Т. 61. С. 469.

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АСТРОЦИТОВ ПРИ ДЕЙСТВИИ ЛИПОПОЛИСАХАРИДА В

Т. А. Кулагова, Г. Н. Семенова, З. Б. Квачева

Известно, что клетки нейроглии – астроциты – участвуют в иммунных реакциях в головном мозге. Показано, что астроциты обладают фагоцитарной активностью и способны поглощать как небольшие инертные частицы (латекс), так и крупные биологические объекты (клетки крови) [1]. При стимуляции функциональной активности астроглиальные клетки продуцируют оксид азота и цитокины: интерлейкины-1, -3, -6, -12 и фактор некроза опухолей [2].

В некоторых работах приводятся данные, свидетельствующие о том, что при действии ряда стимуляторов на клетки глиобластомы и астроциты активируются мембранные и внутриклеточные редокс-системы и образуются активные формы кислорода (АФК) [3]. В литературе имеются сведения об индуцированном арахидоновой кислотой образовании супероксидных анион-радикалов не на поверхности, а внутри астроцитов [4]. Показано также, что активация клеток глиобластомы человека анафилотоксином системы комплемента C5a вызывает образование в клетках супероксидных анион-радикалов и пероксида водорода [5].

Одними из основных стимуляторов иммунокомпетентных клеток к пролиферации является липополисахарид В (ЛПС) [6]. Целью наших исследований было изучить влияние ЛПС на морфологические характеристики и способность генерировать супероксидные анион-радикалы перевиваемых клеток глиомы крысы (С-6).

В исследованиях использовалась перевиваемая линия клеток глиомы крысы (С-6), выделенная из опухоли мозга крысы с последующим клонированием [7]. Линия клеток С-6 получена из коллекции культур Института цитологии, г. Санкт-Петербург. Образование супероксидных анион-радикалов в астроцитах стимулировали добавлением к анализируемой пробе $1,6 \cdot 10^{-5}$ моль/л менадиона («Sigma», США) [8]. Супероксидные анион-радикалы регистрировали методом хемилюминесценции на биохемилюминометре БХЛ-1 при температуре 37 °С и рН 7,4 с использованием в качестве индикатора свечения $1,25 \cdot 10^{-5}$ моль/л люцигенина («Sigma», США) [9].

Для изучения влияния ЛПС на пролиферативную активность и способность астроглиальных клеток генерировать супероксидные анион-радикалы препарат вносили в концентрациях 2,0 – 0,01 мкг/мл в культуральные флаконы после смены среды на поддерживающую MEM («Sigma», США) и инкубировали в течение 24 ч. В ряде экспериментов ЛПС добавляли к суспензии клеток за 10 мин до начала измерения хемилюминесценции.

На рис.1 показано влияние ЛПС на митотическую активность перевиваемых клеток глиомы крысы. Видно, что добавление ЛПС в концентрациях 0,5 и 0,1 мкг/мл приводит к достоверному увеличению митотической активности клеток в 2,2 – 1,8 раза ($p < 0.05$) по сравнению с контрольными значениями. Наибольший стимулирующий эффект выявлен при концентрации ЛПС 0,1 мкг/мл. Морфологический анализ монослоя клеток С-6 через 24 ч. после их инкубирования в присутствии различных доз ЛПС выявил цитотоксический эффект при концентрации препарата, равной 2 мкг/мл, который проявлялся 80 %-й деструкцией монослоя. В культурах, подвергшихся воздействию ЛПС в дозе 1 мкг / мл, через 24 ч. отмечена гипертрофия почти всей популяции клеток, укорочение и утолщение отростков, разрушение их на отдельные фрагменты. Однако следует отметить: в этих культурах наблюдается сохранность монослоя и присутствие очагов усиленного роста клеток. Сопоставление полученных результатов с данными о невысоком уровне митотической активности клеток, инкубируемых в присутствии 1 мкг/мл ЛПС, позволяет предположить, что максимальный стимулирующий эффект в культурах С-6 был достигнут менее чем за 24 ч. В образцах культур, инкубируемых с 0,1 – 0,05 мкг/мл ЛПС, плотность насыщения клеток в монослое была на том же уровне, что и в контроле.

Мит. акт., %о

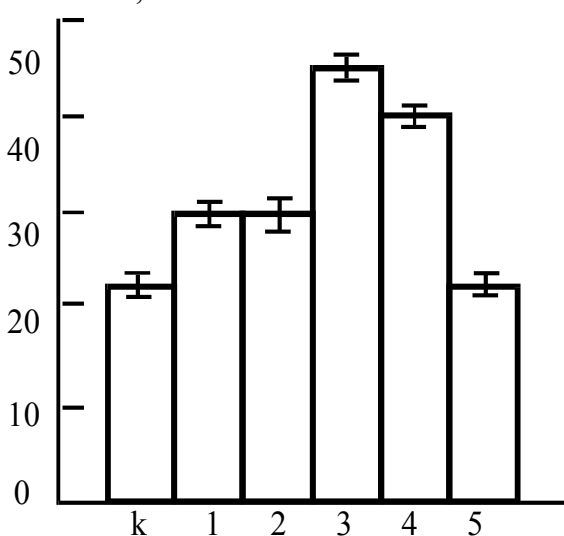


Рис. 1. Гистограммы распределения митотической активности клеток С-6 в культуре при разных концентрациях ЛПС; время инкубирования 24 ч: k – контроль без ЛПС, 1, 2, 3, 4, 5 – концентрация ЛПС соответственно 0,01 мкг/мл, 0,05 мкг/мл, 0,1 мкг/мл, 0,5 мкг/мл, 1 мкг/мл

ляции клеток, укорочение и утолщение отростков, разрушение их на отдельные фрагменты. Однако следует отметить: в этих культурах наблюдается сохранность монослоя и присутствие очагов усиленного роста клеток. Сопоставление полученных результатов с данными о невысоком уровне митотической активности клеток, инкубируемых в присутствии 1 мкг/мл ЛПС, позволяет предположить, что максимальный стимулирующий эффект в культурах С-6 был достигнут менее чем за 24 ч. В образцах культур, инкубируемых с 0,1 – 0,05 мкг/мл ЛПС, плотность насыщения клеток в монослое была на том же уровне, что и в контроле.

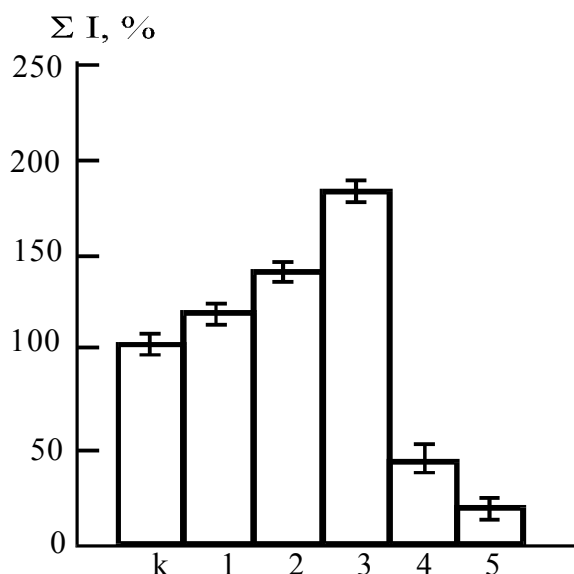


Рис. 2. Гистограммы распределения интегральной интенсивности люцигенин-опосредованной хемилюминесценции при действии менадиона на монослои клеток С-6 после инкубирования с среде культивирования в течение 24 ч с ЛПС в различных концентрациях:

k – контроль без ЛПС, 1, 2, 3, 4, 5 – концентрация ЛПС соответственно 0,01 мкг/мл, 0,05 мкг/мл, 0,1 мкг/мл, 0,5 мкг/мл, 1 мкг/мл

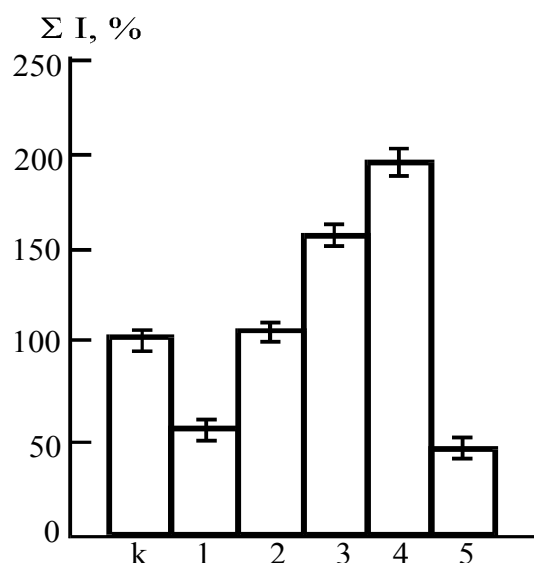


Рис. 3. Гистограммы распределения интегральной интенсивности люцигенин-опосредованной хемилюминесценции при действии менадиона на суспензию клеток С-6 после инкубирования с среде Эрла в течение 10 мин с ЛПС в различных концентрациях:

k – контроль без ЛПС, 1, 2, 3, 4, 5 – концентрация ЛПС соответственно 0,05 мкг/мл, 0,1 мкг/мл, 0,5 мкг/мл, 1 мкг/мл, 2 мкг/мл

На рис. 2 показано, что увеличение концентрации ЛПС с 0,01 до 0,1 мкг/мл приводит к повышению выхода хемилюминесценции (время инкубирования клеток с ЛПС 24 ч). Максимальное значение интегральной интенсивности свечения хемилюминесценции достигается при концентрации ЛПС, равной 0,1 мкг/мл. При значениях концентрации ЛПС, равных 0,5 и 1 мкг/мл, выход хемилюминесценции был ниже, чем в контрольных пробах. В то же время инкубирование суспензии астроцитов с липополисахаридом в таких концентрациях в течение 10 минут приводит к значительному увеличению интенсивности люцигенин-зависимой ХЛ по сравнению с контролем (рис. 3).

Закключение

Активация перевиваемых клеток глиомы крысы липополисахаридом В в культуре приводит к однонаправленным изменениям митотической активности и способности С-6 генерировать супероксидные анион-радикалы при действии менадиона. Полученные эффекты зависят от концентрации добавляемого липополисахарида В и времени инкубирования этого препарата с клетками.

Литература

1. Квачева З. Б., Полеицук Н. Н., Рытик П. Г., Илькевич И. Г. Морфофункциональные параметры и фагоцитарная активность астроглии *in vitro* при медленных вирусных нейроинфекциях // Возбудимые клетки в культуре ткани: Мат. 2 Всес. симп., Пушкино. 1990. С. 101–104.
2. Fontana A., Kristensen F., Dubs R. et al. Production prostaglandin E and interleukin-like factor by cultured astrocytes and C-6 glioma cells// J. Immunol. 1982. V. 129. P. 2413–2419.
3. Семенкова Г. Н., Квачева З. Б., Обыденникова С. Н. и др. Связь окислительно-восстановительной системы астроцитов с продуцированием АФК // Украин. биохим. журнал. 1998. Т. 70. № 40. С. 126–130.
4. Pac H. Chan, Sylvia F. Chen and Albert C.H. Yu. Introduction of intracellular superoxide radical formation by arachidonic acid and by polyunsaturated fatty acid in primary astrocytic cultures // J. Neurochem. 1988. V. 50. № 4.
5. Гамалей И. А., Курпичникова К. М., Ищенко А. М. и др. Активация астроцитов анафилотоксином системы комплемента // Цитология. 1998. Т. 40. № 8–9. С. 786–772.
6. Tapping R. I., Tobias P. S. Cellular binding of soluble CD14 requires lipopolysaccharide (LPS) and LPS-binding protein// J. Biol. Chem. 1997. V. 272. № 37. P. 23157–23164.
7. Квачева З. Б., Рытик П. Г., Хмара М. Е., Семенко Н. Б. Характеристика первичного роста монослойных культур клеток мозга взрослого человека на различных питательных средах // Здоровоохранение Белоруссии. 1980. № 11. С. 50–52.
8. Smith M. T., Eastmond D. A. and Monte D. D. The activation and detoxication of quinones by DT-diaphorase // Chemica Scripta. 1993. № 27. P. 105–107.
9. Li Y., Zhu H., Kuppusamy P. et al. Validation of lucigenin (bis-N-methylacridinium) as a chemilumigenic probe for detecting superoxide anion radical production by enzymatic and cellular systems // J. Biol. Chem. 1998. V. 273. № 4. P. 2015–2023.

МИКРОТВЕРДОСТЬ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ НИКЕЛЯ И НИТРИДА ТИТАНА

Д. С. Кутукова

Одной из важных характеристик физического тела является его твердость. В настоящее время получение информации о микротвердости (HV) приповерхностных слоев различных материалов представляет научный и практический интерес, так как данные по микротвердости позволяют судить о внутрикристаллической структуре исследуемого вещества [1].

Целью работы было, во-первых, исследование HV никелевых фольг и нитрида титана (TiN), полученных методами электролитического и вакуумно-дугового осаждения соответственно, и, во-вторых, определение термической устойчивости механических свойств никелевых фольг и TiN при печном и лазерном отжигах [2].

Электролитическое осаждение фольг осуществлялось при следующих компонентах электролита: никельсульфоминовокислота – 85 г/л, кислота борная – 45 г/л, блескообразователь – 4,40–0,48 мл/л, кислотность – 3,8–4,1, плотность – 1,26 г/см³, температура электролита при пропускании тока – 40°C и плотность тока – 2.2 А/дм². Полученные таким образом фольги имели толщину 40 мкм со средним размером зерна 10 мкм.

Формирование покрытий нитрида титана проводилось методом вакуумно-дугового осаждения на установке ВУ-2МБС. Параметры осаждения: ток горения дуги – 100 А, остаточное давление азота – 0,1 Па, время накаливания – 10 мин. Варьируемым параметром при образовании TiN было отрицательное опорное напряжение ($-U_b$), изменяемое в интервале 0–210 В. Толщина покрытия во всех случаях составляла 5 мкм.

Полученные образцы фольг подвергались изохронному отжигу на воздухе в интервале температур 20–370°C с шагом 30–40°C и выдержкой по 20 мин. Изотермический отжиг осуществлялся при 230°C в течение 5 часов.

Лазерная обработка проводилась с использованием импульсного технологического лазера. Квант-15 (длина волны $\lambda=1,06$ мкм, энергия в импульсе $Q=5$ Дж, при частоте следования импульсов $f=15$ Гц и длительности импульсов $\tau=4,0$ мс). Скорость перемещения образца в зоне лазерного воздействия составляла 5 см/с при плотности мощности излучения 4 кВт/см². Данный отжиг осуществлялся в среде инертного газа аргона.

Измерение HV производилось на приборе ПМТ-3. Диапазон нагрузок на алмазный индентор выбирался в пределах 80–100 г. Средняя погрешность определения микротвердости составила 6 %.

На рис. 1 представлены результаты значений HV для различных образцов фольг. Высокий уровень микротвердости исходных (до отжига) объектов по сравнению с поликристаллическими отожденными фольгами Ni (60–80 кг/мм²) и листовым холоднокатаным никелем (130–160 кг/мм²) [4] связан с особенностями микроструктуры исследуемых образцов. Металлографические исследования фольг никеля указывают на наличие микрокапель, которые формируются в процессе электролитического осаждения. Следует отметить, что HV этих образований значительно превосходит твердость свободных от капель участков.

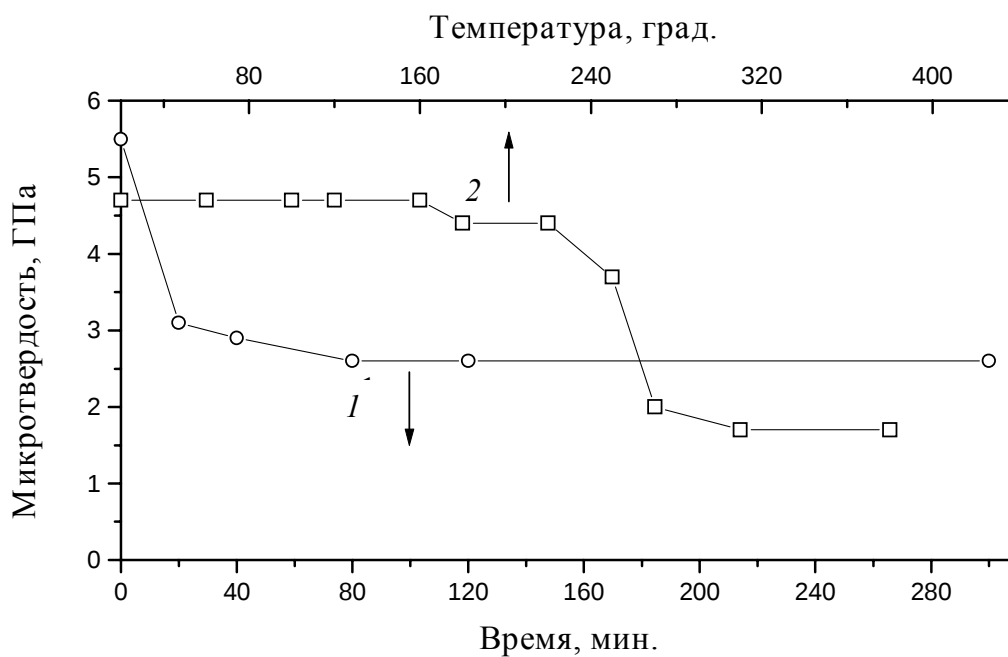


Рис. 1. Изменение микротвердости при изотермическом отжиге (1) ($T_{отж.}=230^{\circ}C$) и при изохронном отжиге (2) ($\tau=20$ мин.)

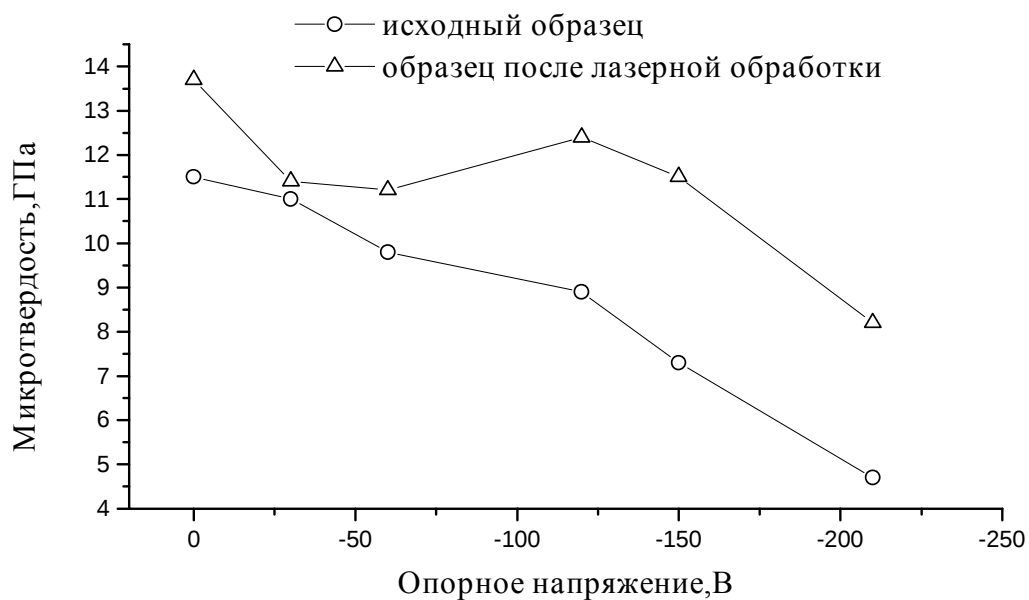


Рис. 2. Изменение микротвердости покрытий нитрида титана в зависимости от опорного напряжения

Повышенное значение микротвердости в каплях, прежде всего, связано с их микроструктурой: малым (субмикронным) размером зерен и соответственно высокой удельной плотностью их границ. Изотермический и изохронный отжики фольг ведут к рекристаллизации и последующей гомогенизации структурных образований, что и обуславливает рост размера зерен и снижение дефектности.

На рис.2 показана зависимость микротвердости от опорного напряжения. Варьирование этого параметра приводит к значительному (более двух раз) изменению HV покрытий TiN. Таким образом, опорное напряжение является важным технологическим режимом, определяющим прочностные свойства защитных покрытий. Следует отметить, что основной причиной уменьшения $HV = f(-U_b)$ является микроструктура TiN, так при отсутствии опорного напряжения для покрытия характерен равноосный размер зерен, в то время как при $U_b = -210$ В наблюдается столбчатая структура, прорастающая от подложки [3]. На поверхности образцов, полученных при разных опорных напряжениях, растровомикроскопические исследования показывают наличие мелкодисперсных выделений, представляющих собой капельную фазу титана. Лазерный отжиг TiN приводит к повышению микротвердости. При этом по-прежнему наблюдается явная зависимость HV от опорного напряжения (рис. 2).

Увеличение микротвердости при воздействии лазерного излучения можно связать с трансформированием капельной фазы в мелкодисперсные карбиды и оксиды титана, обладающие более высокой твердостью по сравнению с нитридом титана.

Таким образом, данные, полученные при измерении микротвердости, несут в себе, с одной стороны, информацию о дефектах и микроструктуре вещества, а с другой – позволяют оптимизировать технологию формирования и моделирования новых объектов.

Литература

1. *Третьяков И. П., Верещака А. С.* Режущие инструменты с износостойкими покрытиями. М.: Машиностроение, 1986. 190 с.
2. *Волин Э. М.* Ионно-плазменные получения износостойких покрытий // *Технология легких сплавов*. 1984. № 10. С. 55–74.
3. *Углов В. В., Ходасевич В. В., Приходько Ж. Л. и др.* Структура и механические свойства тройных нитридных систем Ti-Zr-N и Ti-Cr-N, сформированных методом конденсации с ионной бомбардировкой // *Тез. докл. XXXII междунар. конф. по физике взаимодействия заряженных частиц с кристаллами* // М.: МГУ, 2002. С.123.
4. *Физические величины: Справ. / А. П. Бабичев, Н. А. Бабушкина; Под ред. И. С. Григорьева, Е. З. Мейлихова.* М.: Энергоатомиздат, 1991. 1232 с.

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ЭФФЕКТАМИ СЖАТИЯ И НЕУСТОЙЧИВОСТИ

В. В. Мармыш, В. И. Кувшинов, В. А. Шапоров

В настоящее время очень важно для создания оптических коммуникаций и постановки сверхточных экспериментов уметь управлять величиной квантовой флуктуации. Уменьшение квантовой флуктуации напрямую связано с эффектом квантового сжатия [1, 2, 3]. Было показано, что эффект сжатия увеличивается в районе точки бифуркации [4, 5, 6]. Также было показано, что для хаотических систем эффект сжатия зависит экспоненциальным образом от времени, а для регулярных – степенным [7, 8].

Состояние классической гамильтоновой системы с s степенями свободы в некоторый момент времени t полностью характеризуется следующим вектором в фазовом пространстве:

$$\{y^m\} = \{p^1, p^2, \dots, p^s, q^1, q^2, \dots, q^s\}, \quad (1)$$

где индекс $m = \overline{1, 2s}$. Тогда классические уравнения движения Гамильтона можно записать в следующем виде:

$$\frac{dy^m}{dt} = \gamma^{mn} \frac{\partial H}{\partial y^n}, \quad m, n = \overline{1, 2s}, \quad (2)$$

где γ^{mn} – тензор размера $(2s \times 2s)$ имеет следующий явный вид (I_s – единичная матрица размера $s \times s$):

$$\{\gamma^{mn}\} = \begin{bmatrix} 0 & -I_s \\ I_s & 0 \end{bmatrix}. \quad (3)$$

Введем возмущение траектории, связанное с изменением начальных условий в определенный момент времени $\delta y^m = y^m_{(2)} - y^m_{(1)}$. Линеа-

ризованные уравнения движения для возмущения траектории на невозмущенном решении имеют вид

$$\frac{d}{dt} \delta y^m = \Gamma^m_n \delta y^n, \quad \text{где } \Gamma^m_n = \gamma^{mn} \frac{\partial^2 H}{\partial y^n \partial y^l} \bigg|_{y^k = y^k_{(1)}}, \quad (4)$$

Γ^m_n – матрица устойчивости. Ее собственные значения определяют характер устойчивости системы [9, 10, 11].

Для выявления эффекта сжатия необходимо исследовать как дисперсии квадратурных операторов, так и дисперсии их линейных комбинаций; это приводит нас к рассмотрению матрицы дисперсии [12, 13]

$$g^{mn} = \hbar^{-1} \frac{1}{2} \langle \delta \mathfrak{F}^m \delta \mathfrak{F}^n + \delta \mathfrak{F}^n \delta \mathfrak{F}^m \rangle, \text{ где } \delta \mathfrak{F}^m = \mathfrak{F}^m - \langle \mathfrak{F}^m \rangle. \quad (5)$$

Рассмотрим систему, гамильтониан которой квадратичен по импульсам и координатам. При этом будем предполагать, что система находится во внешнем поле и что это приводит к явной зависимости коэффициентов гамильтониана от времени, которые будем считать вещественными и симметричными. Тогда гамильтониан системы выглядит следующим образом:

$$\hat{H} = \frac{1}{2} K_{mn}(t) \mathfrak{F}^m \mathfrak{F}^n, \quad K_{mn}(t) = K_{nm}(t) = K_{mn}^*(t). \quad (6)$$

Эволюция элементов матрицы дисперсии g^{mn} со временем определяется следующими уравнениями:

$$\frac{d}{dt} g^{mn} = \Gamma^m_l g^{ln} + \Gamma^n_l g^{lm} = 2\Gamma^{(m}_l g^{l|n)}. \quad (7)$$

Для выявления связи между классической локальной неустойчивостью и эффектом сжатия рассмотрим следующий тензор (классическая величина):

$$h^{mn} = \sum_{j=1}^r \delta y^m_{(j)} \delta y^n_{(j)}. \quad (8)$$

Можно показать, что уравнения движения для (8) с математической точки зрения имеют вид, идентичный (7).

Всегда можно подобрать такой h^{mn} , чтобы в начальный момент времени он совпадал с g^{mn} . Так как уравнения движения совпадают, то соответствие будет выполняться всегда. Для эффекта сжатия необходимо, чтобы диагональный элемент g^{mn} уменьшился, а другой, канонически сопряженный, увеличился вследствие соотношений неопределенности Гейзенберга. То же произойдет с объектом h^{mn} . Это означает, что начальное возмущение траектории растет со временем, т. е. растет неустойчивость системы.

Данный формализм может быть применен для исследования конкретных примеров вырожденного параметрического усилителя и квантового ротатора с внешней периодической силой [12].

В работе предложен удобный формализм, при помощи которого можно исследовать общую взаимосвязь между явлениями сжатия и неустойчивости для конечных времен.

Литература

1. *Кулин С. Я.* Квантовая оптика: Поля и их детектирование.
2. *Hirota D. F.* Squeezed light. Japan, Tokyo, 1992. P. 267.
3. *Walls D. F., Milburn G. I.* Quantum Optics, Springer-Verlag. USA, NY. 1995. P. 351.
4. *Lugiato L.A., Galotopa P., Narducci L. M.* Opt. Commun. 76 (1990) 276.
5. *Heidman A.* //Opt. Commun. 54 (1985) 326. Phys.Rev.Lett. 54 (1985) 326.
6. *Fabre C.* // Phys.Rev. 219 (1992) 215.
7. *Alekseev K. N.* // Opt. Commun. 116 (1995) 468. (quant-ph/9808010).
8. *Alekseev K. N. et al.* // Phys.Rev. E57 (1998) 4023. (cho-dyn/ 9804041).
9. *Toda M.* //Phys. Lett. A48. 1974. P. 335.
10. *Kuvshinov V. I., Kuzmin A. V.* // J. Nonl. Phenomen in Complex Sys. V. 2. № 3. 1999. P. 100–105.
11. *Salasnich. L.* Procerd. Of International Conference on Symmetry Methods in Physics. Dubna, 1997.
12. *Kuvshinov V.I., Marmysh V.V., Shaparau V.A.* / Proceed. of XI ann. Int. Sem. Nonlinear Phenomena in Complex Systems. Minsk, 2002 (принято к печати).

ИССЛЕДОВАНИЯ РАСШИРЕННЫХ КАЛИБРОВОЧНЫХ МОДЕЛЕЙ В ПРОЦЕССАХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОЛЯРИЗОВАННЫХ ЛЕПТОНОВ И НУКЛОНОВ

И. Б. Марфин, Т. В. Шишкина

Предсказания Стандартной теории электрослабого взаимодействия постоянно подвергаются проверке. Экспериментальный поиск новых физических явлений и разработка различных подходов к обобщению Стандартной модели направлены на уточнения предсказаний теории Глэшоу–Вайнберга–Салама и на обнаружение эффектов, выходящих за рамки Стандартной модели. Одним из способов обнаружения новых эффектов является исследование расширенных калибровочных групп. Предсказания этих калибровочных теорий могут быть согласованы с экспериментальными данными благодаря достаточно широкой области изменения дополнительных параметров в случае отклонения последних от Стандартной модели.

Новые возможности в поиске дополнительной информации о структуре калибровочной группы электрослабого взаимодействия открывают исследования процессов рассеяния с двумя поляризованными частицами, в частности процессов глубоконеупругого рассеяния поляризованных лептонов на поляризованных нуклонах. Механизм взаимо-

действия поляризованного лептона и поляризованного нуклона в различных расширенных калибровочных моделях можно представить следующими диаграммами Фейнмана (рис. 1).

В данной работе рассмотрены следующие модели: $SU(2) \times U(1)$, $SU(3) \times U(1)$, $SU(2)_L \times SU(2)_R \times U(1)$, $SU(2)_L \times SU(2)_R \times U(1)_L \times U(1)_R$.

Модельные параметры представлены в табл. 1.

Ковариантное выражение дифференциального сечения глубоко-неупругого рассеяния зависит не только от кинематических переменных, но и от поляризаций взаимодействующих частиц [1]. Варьируя эти переменные, можно получить электрослабые асимметрии, которые определяются следующим общим выражением:

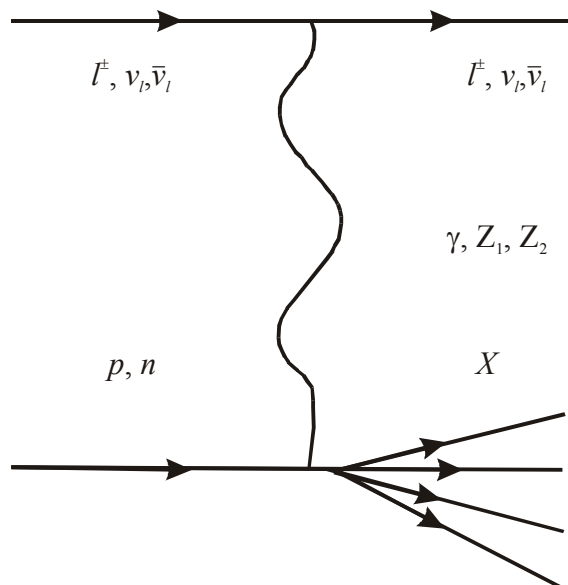


Рис. 1. Диаграмма Фейнмана

$$A^{e\omega}(P_{l_1}, P_{N_1}, e_{f_1}, P_{l_2}, P_{N_2}, e_{f_2}) = \frac{\sigma^{e_{f_1}}(P_{l_1}, P_{N_1}) - \sigma^{e_{f_2}}(P_{l_2}, P_{N_2})}{\sigma^{e_{f_1}}(P_{l_1}, P_{N_1}) + \sigma^{e_{f_2}}(P_{l_2}, P_{N_2})}. \quad (1)$$

Выражение (1) описывает все асимметрии, исследования которых возможны на базе пучка поляризованных частиц, поляризованной мишени. Это позволяет построить наиболее широкий набор электрослабых асимметрий.

В табл. 2 содержатся значения поляризационной A_p , зарядово-поляризационной B_p и зарядовой C_{LR} асимметрий в зависимости от X , при фиксированных значениях $S^{1/2} = 100$ ГэВ, $Q^2 = 70$ ГэВ².

Таблица 1

Модельные параметры

Модель	$\sin^2 \theta_w$	α	M_{Z1}	M_{Z2}
$SU(2) \times U(1)$	0.22~0.24	—	90.8 ГэВ	—
$SU(3) \times U(1)$	0.18~0.30	-0.02π	80 ГэВ	110 ГэВ
$SU(2)_L \times SU(2)_R \times U(1)$	0.16~0.34	-0.02π	96 ГэВ	288 ГэВ
$SU(2)_L \times SU(2)_R \times U(1)_L \times U(1)_R$	0.12~0.38	-0.02π	98 ГэВ	181 ГэВ

Таблица 2

Значения асимметрий A_P , B_P , C_{LR}

Модель	A_P		B_P		C_{LR}	
	$x=0.9$	$x=0.7$	$x=0.9$	$x=0.7$	$x=0.9$	$x=0.7$
$SU(2) \times U(1)$	-0.045	-0.030	0.100	0.115	0.090	0.088
$SU(3) \times U(1)$	0.200	0.225	0.125	0.136	-0.070	-0.070
$SU(2)_L \times SU(2)_R \times U(1)$	0.560	0.720	0.300	0.536	-0.370	-0.280
$SU(2)_L \times SU(2)_R \times U(1)_L \times U(1)_R$	0.002	0.000	-0.300	-0.620	-0.370	-0.250

Проведенное исследование обнаружило значительную чувствительность поляризационных асимметрий к выбору калибровочной модели.

Литература

1. Кухто(Шишкина) Т. В., Шумейко Н. М. // ЯФ. 1984. Т. 40. № 5(11). С. 1235–1242.

ПРЫЖКОВАЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ В КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПОЛУПРОВОДНИКАХ В МОДЕЛИ ВЗАИМНО БЛИЖАЙШИХ ПО РАССТОЯНИЮ ДОНОРОВ

А. А. Мельников, Е. В. Лебедок

Обычным подходом к описанию прыжковой проводимости в кристаллических полупроводниках является рассмотрение прыжков электронов (дырок) между ближайшими по расстоянию донорами (акцепторами). В данной работе существенным является использование понятия взаимно ближайших по расстоянию соседей (в частности – доноров в зарядовых состояниях (0) и (+1)), рассмотренного в работе [1]. Расчет расстояния между взаимно ближайшими по расстоянию донорами и концентрации их пар дает возможность получения прыжковой электропроводности в случае, когда степень компенсации основной легирующей примеси в полупроводнике имеет значение 0,5, т. е. когда примерно равны концентрации доноров в зарядовых состояниях (0) и (+1).

Рассмотрим однородный кристаллический полупроводник n-типа с равномерно распределенными по объему водородоподобными донорами. Выделим в произвольном участке однородного образца плоскость, перпендикулярную внешнему переменному (во времени), но неизменному по направлению электрическому полю. Так как одиночный прыжок электрона может происходить только между двумя ближайшими донорами, то необходимо определить концентрацию ближайших пар доноров в зарядовых состояниях (0) и (+1), которые были бы расположены по разные стороны от выделенной плоскости.

В отличие от известных моделей [2–5] предположим, что каждый прыжок электрона происходит не просто между двумя ближайшими донорами в состояниях (0) и (+1), а лишь между донором в состоянии (0) и ближайшим к нему ионизованным донором, для которого этот нейтральный донор также является ближайшим [6–8]. Такую пару будем называть взаимно ближайшими соседями в зарядовых состояниях (0) и (+1) [1]. Именно прыжки внутри таких пар доноров вносят основной вклад в перенос зарядов на переменном токе.

В работах [6–8] была найдена концентрация взаимно ближайших пар, состоящих из частиц одинакового типа, скажем доноров в зарядовом состоянии (0). Обобщая результаты [6–8] на случай различных частиц, находим концентрацию пар взаимно ближайших соседей N_h , находящихся в состояниях (0) и (+1), в предположении, что доноры в кристалле распределены хаотично (случайно). При этом используем вероятность события, что два наудачу выбранных донора в зарядовых состояниях (0) и (+1) являются взаимно ближайшими соседями, а расположение доноров в объеме дается распределением Пуассона [9]. Расчет по этой схеме дает

$$N_h(0,+1) = N_0 N_{+1} / N, \quad (1)$$

где $N = N_0 + N_{+1}$ – средняя концентрация доноров в кристалле.

Вследствие тепловых флуктуаций (поглощение или испускание фононов) и переходов электронов между локализованными состояниями доноров их энергетические уровни изменяются во времени. Будем предполагать, что прыжок электрона между двумя донорами в зарядовых состояниях (0) и (+1) может произойти лишь при обеспечиваемом испусканием или поглощением фонона «случайном совпадении уровней» этих доноров [10]. Считаем это условие не только необходимым, но и достаточным.

Число переходов электрона между донорами за один случай совпадения уровней $E_{d1} = \overline{E_d} + \nu_1 kT$ и $E_{d2} = \overline{E_d} + \nu_2 kT$, где $\overline{E_d}$ – центр донорной зоны, kT – тепловая энергия, равно целой части отношения продолжительности $t_i(\nu)$ одного акта совпадения уровней ($\nu_1 = \nu_2 = \nu$) ко времени акта туннелирования $\tau(\nu)$. Положим, что за промежуток времени t суммарная продолжительность всех случаев совпадения уровней есть $t_c(\nu) = \sum_i t_i(\nu)$. Пусть вероятность того, что при совпадении уровней двух ближайших доноров произойдет ровно j переходов электрона между ними, дается распределением Пуассона

$$P\{j\} = \frac{(t_c(\nu)/\tau(\nu))^j}{j!} \exp\left(-\frac{t_c(\nu)}{\tau(\nu)}\right), \quad (2)$$

где $t_c(\nu)/\tau(\nu) = \sum_{j=0}^{\infty} jP\{j\}$ – среднее число переходов электрона между ближайшими донорами ; $j = 0, 1, 2, \dots$

Тогда частота прыжков электрона между двумя донорами при случайном выравнивании их энергетических уровней $E_t = \overline{E_d} + \nu kT$ за время t есть [10]:

$$\Gamma(\nu, y_F) = \frac{1}{t} \sum_{j=0}^{\infty} jP\{j\} = \frac{t_c(\nu)}{t\tau(\nu)}. \quad (3)$$

В пренебрежении эффектами волновых функций уровень туннелирования $E_t = \overline{E_d} + \nu kT$, отсчитанный от потолка ν -зоны нелегированного кристалла, определяет радиус $a_t = q^2/(8\pi\epsilon E_t)$ локализации электрона на доноре с энергией ионизации E_t . Для центра донорной зоны ($\nu = 0$) это – боровский радиус $a_t = a_H = q^2/(8\pi\epsilon \overline{E_d})$. В рамках теории молекулярного иона водорода (H_2^+) время туннелирования электрона между двумя донорами в зарядовых состояниях (0) и (+1) на расстоянии R_f друг от друга при совпадении их энергетических уровней ($\nu_1 = \nu_2 = \nu$) можно оценить

$$\tau(\nu) = \frac{\pi\hbar}{\delta E_{0,+1}}, \quad (4)$$

где

$$\delta E_{0,+1} = 4E_t \frac{\rho(1+\rho)\exp(-\rho) - [1 - (1+\rho)\exp(-2\rho)]S}{\rho(1-S^2)} - \quad (5)$$

величина «расщепления» уровня туннелирования $E_t = \overline{E_d} + \nu kT = q^2/(8\pi\epsilon a_t)$; $\rho = R_f/a_t$; $S = (1 + \rho + \rho^2/3)\exp(-\rho)$.

Усредненная по энергетическому распределению уровней частота прыжков электрона между донорами в обоих направлениях оси OX , коллинеарной внешнему электрическому полю, с учетом модифицированного соотношения Эйнштейна [10]:

$$\Gamma_h \approx \frac{1}{3\tau_F \xi_h} \equiv \Gamma_3 \exp\left(-\frac{\varepsilon_3}{kT}\right), \quad (6)$$

где $\Gamma_3 \equiv 1/[3\tau(y_F)] \equiv 1/(3\tau_F)$ – частота туннелирования электрона между донорами, расположенными вдоль направления внешнего поля на расстоянии R_h , в зарядовых состояниях (0) и (+1) с энергетическими уровнями $E_t = \overline{E_d} + y_F kT$; ε_3 – энергия активации; $1/\xi_h = M_h kT / D_h q$ – коэффициент в соотношении Эйнштейна (D_h – коэффициент диффузии, M_h – прыжковая подвижность электронов по донорам).

Согласно работам [3,10] имеем выражение для прыжковой электропроводности

$$\sigma_h = \frac{4e^2 N_h}{3kT \xi_h} \cdot R_f^2 \cdot f, \quad (7)$$

где e – заряд электрона; kT – тепловая энергия; f – частота внешнего электрического поля.

Для того чтобы регистрировался прыжковый ток на переменном поле, необходимо, чтобы частота внешнего поля равнялась частоте прыжков по донорам электронам, т. е.

$$f = \Gamma_h. \quad (8)$$

Следовательно, получив из выражений (5), (6) величину R_f как функцию частоты Γ_h (явный вид этой зависимости получить весьма сложно), подставляем ее в выражение для электропроводности (7) и с учетом выражения (8) находим

$$\sigma_h = \frac{4e^2 N_h}{3kT \xi_h} \cdot R_f^2(f) \cdot f, \quad (9)$$

где N_h – концентрация пар доноров, $R_f(f)$ – функция частоты внешнего переменного поля f .

Литература

1. Мельников А. А., Лебедев Е. В. Концентрация пар взаимно ближайших по расстоянию доноров в зарядовых состояниях (0) и (+1) в кристаллических полупроводниках // Физика конденсированного состояния: Тез. докл. X Респ. науч. конф. студентов, магистрантов и аспирантов. Под ред. В. А. Лиопо Гродно: ГрГУ, 2002. С. 226–227.

2. Чандрасекар С. Стохастические проблемы в физике и астрономии. М.: ИЛ, 1947. С. 150–158.
3. Звягин И. П. Кинетические явления в неупорядоченных полупроводниках. М.: МГУ, 1984. 192 с.
4. Брыксин В. В. Частотная зависимость прыжковой проводимости в рамках метода эффективной среды для трехмерных систем // ФТП. 1980. Т. 22 № 8. С. 2441–2449.
5. Chatterjea A., Hauser J. R. The statistics of nearest neighbor impurity pair formation in semiconductors // J. Phys. Chem. Solids. 1976. V. 37. № 11. P. 1031–1035.
6. Pickard D. K. Isolated nearest neighbors // J. Appl. Probability 1982. V. 19, № 2. P. 444–449.
7. Лаврик Н. Л., Волошин В. П. О плотности вероятности распределения ближайших соседних молекул // ЖФХ. 1999. Т. 70. № 6. С. 1140–1142.
8. Кога Т. Введение в кинетическую теорию стохастических процессов в газах. М.: Наука, 1983. С. 181–186.
9. Скороход А. В. Вероятность вокруг нас. Киев: Наукова думка, 1980. 196 с.
10. Поклонский Н. А., Лопатин С. Ю., Забродский А. Г. Решеточная модель прыжковой проводимости по ближайшим соседям: применение к нейтронно-легированному Ge:Ga// ФТТ. 2000. Т. 42. № 3. С. 432–439.

ПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТА В СКАЛЯРНОМ И ТЕНЗОРНОМ ПОДХОДАХ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИКИ

А. В. Новицкий

Скалярная функция эйконала в геометрической оптике впервые была рассмотрена в работах Гамильтона. Современная геометрическая оптика использует эйконал для решения ряда важных прикладных задач [1,2]. Используя векторные асимптотические приближения, можно исследовать поляризацию электромагнитных волн в неоднородных изотропных и анизотропных средах. В анизотропной среде геометрооптическое решение дается суперпозицией двух собственных волн, каждая из которых характеризуется своей поляризацией [1, с.233]. В то же время в ряде работ были разработаны методы геометрической оптики с тензорным эйконалом [3,4], применяющие ковариантные методы Федорова [5]. Эйкональное решение может быть записано для волн, распространяющихся в изотропных и анизотропных стратифицированных средах. Анализ состояния поляризации волны в зависимости от начальной ее поляризации облегчается эволюционной записью решения. Отметим также, что тензорное эйкональное решение не разбивается на собственные волны.

Рассмотрим распространение монохроматической электромагнитной волны в изотропной стратифицированной среде с диэлектричес-

кой $\varepsilon(z)$ и магнитной $\mu(z)$ проницаемостями, где z – координата вдоль оси стратификации. Целью данной работы является нахождение эйкональных решений с использованием скалярного и тензорного формализмов и последующее сравнение их. Применяя методы скалярного эйконала [1, с. 217], записываем напряженность магнитного поля

$$\mathbf{H}^{(sc)}(\mathbf{r}) = e^{ik\varphi(z)} \left(\frac{\sqrt{\varepsilon}Y}{\sqrt[4]{\varepsilon\mu - \mathbf{b}^2}} \mathbf{a} + \frac{\sqrt[4]{\varepsilon\mu - \mathbf{b}^2}U}{\sqrt{\mu}} \left[\mathbf{b} \mp \frac{\mathbf{b}^2}{\sqrt{\varepsilon\mu - \mathbf{b}^2}} \mathbf{q} \right] \right), \quad (1)$$

где $\mathbf{q}$ – единичный вектор вдоль оси стратификации, $\mathbf{b}$ – вектор, лежащий в плоскости стратификации и в плоскости падения волны, $\mathbf{a} = \mathbf{b} \times \mathbf{q}$, $\varphi(z)$ – скалярная функция эйконала, Y и U – величины, определяемые начальными условиями (в слое с координатой z_0), k – волновое число в вакууме.

Выражение (1) получено при условии $k \rightarrow \infty$, так что волновое число содержится только в фазовом множителе. Обобщенное тензорное решение можно найти в статьях [3,4]. Переходя к пределу $k \rightarrow \infty$ в указанном выше решении, записываем напряженность магнитного поля

$$\mathbf{H}^{(t)}(\mathbf{r}) = e^{ik\varphi(z)} \left(\frac{\sqrt{\varepsilon}Y}{\sqrt[4]{\varepsilon\mu - \mathbf{b}^2}} \mathbf{a} + p(z) \frac{\sqrt[4]{\varepsilon\mu - \mathbf{b}^2}U}{\sqrt{\mu(z_0)}} \left[\mathbf{b} \mp \frac{\mathbf{b}^2}{\sqrt{\varepsilon\mu - \mathbf{b}^2}} \mathbf{q} \right] \right), \quad (2)$$

где $p(z)$ – функция, явный вид которой мы не приводим (отметим только, что $p(z_0) = 1$).

Таким образом, сравнивая решения (1) и (2), получаем, что

1) эйкональные решения, соответствующие волнам, поляризованным перпендикулярно плоскости падения (вдоль вектора $\mathbf{a}$), в скалярном и тензорном геометрикооптических приближениях совпадают;

2) решения, соответствующие волнам, поляризованным в плоскости падения, в указанных приближениях дают одинаковые направления векторов напряженности магнитного поля. В то же время интенсивности полей (1) и (2) оказываются разными. Интенсивности совпадают лишь в средах, однородных по магнитной проницаемости. Полученный результат может оказаться важен в связи с геометрикооптическим описанием полей в магнитных тонких пленках.

Литература

1. Кравцов Ю. А., Орлов Ю. И. Геометрическая оптика неоднородных сред / М.: Наука, 1980. 304 с.
2. Солимено С., Крозиньяни Б., Ди Порто П. Дифракция и волноводное распространение оптического излучения / М.: Мир, 1989. 664 с.

3. *Barkovsky L. M. and Furs A. N.* Tensor eikonal approximations in asymptotic expansions for stratified media in the absence of commutation//Nonlinear Phenomena in Complex Systems. 1999. V. 2. № 3. P. 61–71.
4. *Barkovsky L. M. and Furs A. N.* Eikonal groups of photon and phonon propagators in one-dimensional structures // J. Phys.A: Math. Gen. 2000. V. 33. P. 3241–51.
5. *Федоров Ф. И.* Теория гиротропии / М.: Наука, 1976. 456 с.

ЭЛЕКТРОННАЯ СТРУКТУРА ОДНОСЛОЙНЫХ НАНОТРУБОК В ПРИБЛИЖЕНИИ СИЛЬНОЙ СВЯЗИ

С. Л. Поденок

Углеродные нанотрубки – это квазиодномерные молекулярные образования из атомов углерода. Эти «молекулы» имеют вид полых цилиндров, стенки которых образованы из атомов углерода. Трубка конечной длины ограничивается фулереновой крышкой.

Цель данной работы – теоретическое рассмотрение электронной структуры однослойных углеродных нанотрубок, расчет и анализ плотности электронных состояний однослойных нанотрубок для любой их геометрии.

Геометрия

Геометрически нанотрубку можно рассматривать так: участок графитового монослоя сворачивается в цилиндр, и затем этот цилиндр транслируется вдоль своей оси. Любой трубке можно поставить в соответствие пару целых чисел (n, m) , которые будут единственным образом определять эту трубку. В зависимости от чисел (n, m) различают 3 типа трубок: трубки, у которых второй индекс равен нулю, – это трубки в конфигурации zigzag; трубки, у которых индексы одинаковы, называются armchair; все остальные трубки называются хиральными.

Операция симметрии состоит из двух базовых операций: трансляции вдоль и поворота вокруг оси трубки, что соответствует винтовой оси.

Нами был получен ряд математических соотношений для трубок с любыми индексами (n, m) , полезных при рассмотрении геометрии углеродных нанотрубок.

Приближение сильной связи для графита

Зонную структуру нанотрубки можно получить, исходя из данных о зонной структуре графита.

Атом углерода обладает четырьмя валентными электронами. Три из них образуют σ -связи с соседними атомами, а четвертый находится в $2p_z$ состоянии. Именно он участвует в электропроводности.

Воспользовавшись приближением сильной связи и рассматривая взаимодействие первых ближайших соседей, можно получить дисперсионную зависимость для энергии π электронов графитового монослоя.

Зависимость энергии электрона E от квазиволнового вектора k для одномерной нанотрубки можно получить из соотношений для графита при помощи метода свертки зон.

Зонные структуры металлических нанотрубок можно отнести к двум типам:

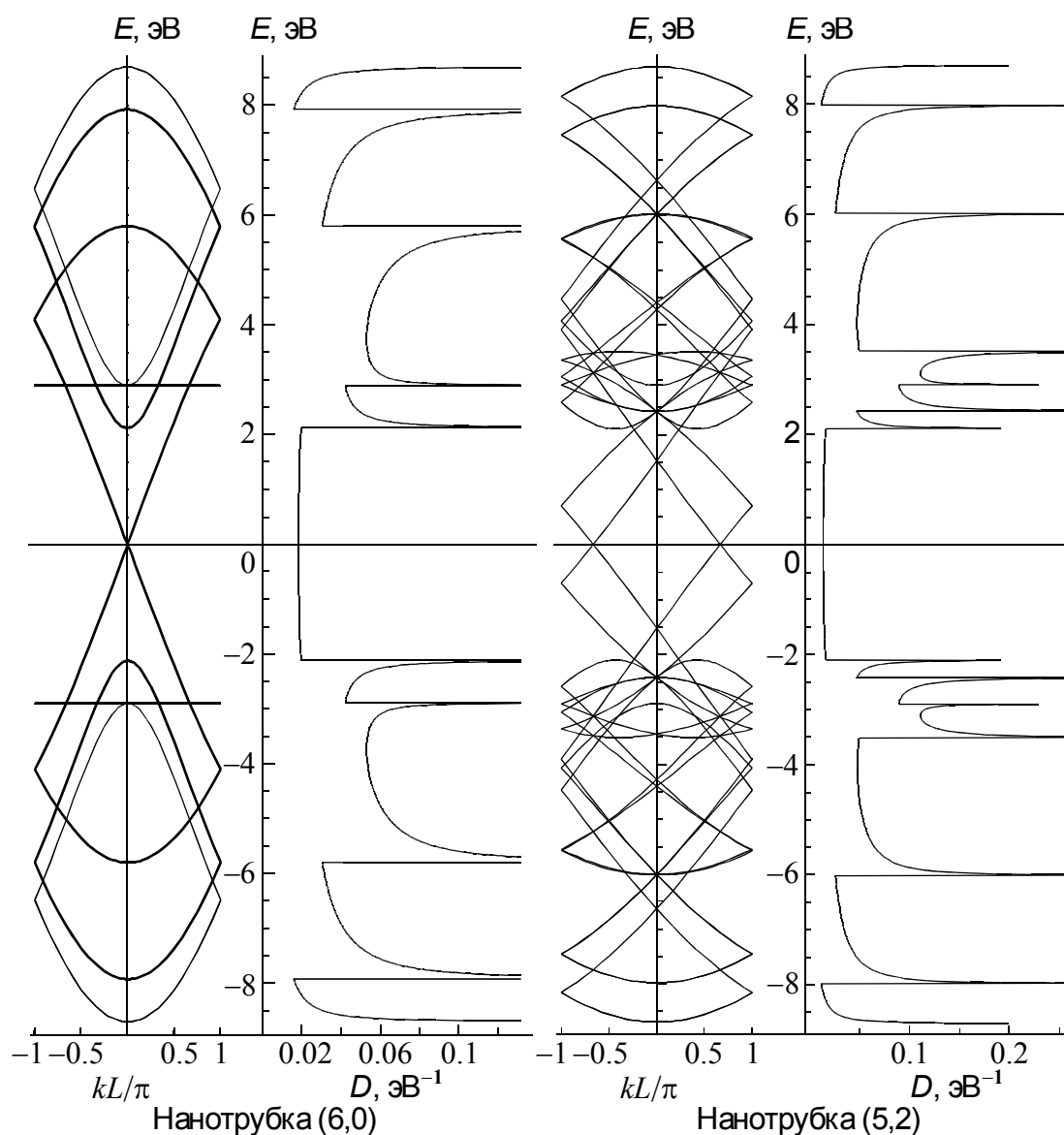


Рис. 1. Дисперсионные зависимости $E(kL/\pi)$:

где L – длина трубки, k – квазиволновой вектор и плотность электронных состояний (на атом углерода) D для нанотрубок (6,0) и (5,2)

- трубки, у которых четыре зоны пересекаются на уровне Ферми в центре зоны Бриллюэна. На рисунке изображен случай, когда зоны двукратно вырождены, что обозначено жирными линиями;

- трубки, у которых четыре зоны пересекаются на уровне Ферми, но уже попарно на расстояниях $2/3$ от центра зоны Бриллюэна.

Плотность электронных состояний $D(E)$ получена численно по простым аналитическим формулам. Результаты для трубок (6,0) и (5,2) представлены на рис. 1.

Примечателен тот факт, что у нанотрубки (6,0) появляется бездисперсионная зона (прямая линия на уровне энергии 2,9 эВ). Подобные зоны появляются в данном приближении у zigzag трубок с четным индексом n , причем как у полупроводниковых, так и у металлических. Это связано с тем, что на дисперсионной поверхности графита из-за симметрии существуют области, полностью совпадающие с прямой линией, которая проходит на уровне 2,9 эВ. Некоторые зоны ввиду симметрии относительно центра зоны Бриллюэна графитового монослоя являются двукратно вырожденными. На рисунке эти зоны нарисованы жирной линией.

Благодарю доктора физ.-мат. наук Поклонского Н.А. и кандидата физ.-мат. наук Кислякова Е.Ф. за помощь в подготовке этой работы.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ СПЕКТРОМЕТРА КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ

А. Е. Радько, А. В. Егоров

Спектроскопия комбинационного рассеяния (КР) света является одним из наиболее эффективных методов исследования строения вещества. Аналитические возможности спектроскопии КР для молекул основаны на существовании зависимости между структурой и химическим составом молекулы и ее спектром. Эта зависимость четко проявляется при изучении колебательного спектра – спектра инфракрасного (ИК) поглощения и спектра комбинационного рассеяния. Существенно при этом, что зачастую спектры КР и ИК поглощения взаимно дополняют друг друга, т. е. полный набор колебательных частот молекулы может быть получен из опыта, строго говоря, только на основе анализа обоих спектров. Зная колебательный спектр молекулы, можно сделать существенные выводы о ее структуре. Именно этим обусловлен интерес к разработке и применению комплексов аппаратуры

для спектроскопии КР. Среди них можно отметить исследовательские комплексы, а также аппаратуру зарубежных фирм. [1, 2].

Аппаратный комплекс для регистрации спектров КР включает: источник излучения, как правило лазер, монохроматор, приемник излучения, а также устройство, обеспечивающее согласованную работу перечисленных узлов. Отечественный КР спектрометр ДФС-52 имеет существенные недостатки, связанные с установленной заводом-изготовителем системой управления и съема информации. Она оказалась весьма ненадежной, несовместимой с современными ЭВМ и неудобной в работе. В связи с этим нами произведена модернизация спектрометра.

Базовый вариант спектрометра ДФС-52 снабжен шаговым двигателем, фотоэлектронным умножителем (ФЭУ) с усилителем, каналом сравнения и концевыми датчиками положения дифракционных решеток. В качестве основного узла управления монохроматором разработано устройство на базе репрограммируемого микроконтроллера семейства MSC-51. Данный контроллер обладает широким набором периферийных возможностей, flash-ROM памятью объемом 4 килобайта с гарантией 1000 циклов перезаписи, прост в отладке и программировании. На контроллер возложены функции приема сигналов канала регистрации, формирования управляющих последовательностей для шагового двигателя монохроматора и обеспечения связи с компьютером. В данном устройстве присутствуют следующие структурные элементы:

- микроконтроллерное ядро, осуществляющее управление всем аппаратным комплексом;
- интерфейсная часть, отвечающая за обмен данными между персональным компьютером и устройством (последовательный асинхронный интерфейс RS-232);
- силовая часть управления шаговым двигателем реализована на четырех транзисторных ключах. Сканирование, выбор его скорости, плавный разгон и торможение шагового двигателя осуществляется путем выбора подходящего режима в программе управления сканированием;
- блок регистрации. В спектрометре ФЭУ работает в режиме счета фотонов.

Для обеспечения большого динамического диапазона канала регистрации (около 10^6) режим счета однофотонных импульсов в микроконтроллере реализован в два этапа: сначала регистрируемые импульсы поступают на внешний четырехразрядный счетчик-предделитель и затем на встроенный в микроконтроллер шестнадцати разрядный счетчик.

Информация с пределителя считывается в контроллер, который осуществляет «стыковку» полученных кодов.

Основными достоинствами такой системы являются: высокая гибкость, поскольку управляющая программа, находящаяся в микроконтроллере, легко может быть изменена даже без извлечения самого микроконтроллера; компактность, относительная простота реализации.

Микроконтроллер осуществляет, таким образом, непосредственное управление шаговым двигателем монохроматора и устройством регистрации. Для удобства использования, однако, необходима программа более высокого уровня приближения к физической сущности измерений. Хорошо известно, что пользователю предпочтительнее работать с длинами волн и волновыми числами, чем с шагами двигателя и углами поворота дифракционной решетки. Базовой для такой программы была выбрана операционная система семейства Windows9x, как наиболее распространенная и наиболее «дружественная» к пользователю. Написание программы осуществлялось на языке программирования Object Pascal в среде разработки Delphi 5 от фирмы Borland. Данное приложение является системой визуального объектно-ориентированного программирования, что позволяет значительно ускорить процесс написания программы и не отвлекаться на написание сложного графического интерфейса, соответствующего современным стандартам.[3]

Программа предназначена для регистрации спектров комбинационного рассеяния и спектрального состава светового потока в выбранном спектральном диапазоне, сохранения полученных данных в файл, а также для просмотра ранее полученных результатов и распечатки полученных спектров на принтере.

Перед началом измерений пользователь должен задать ряд необходимых параметров в меню «Настройки»:

- Тип сканирования. В программе реализованы два способа измерения: регистрация спектров комбинационного рассеяния и регистрация спектрального состава светового потока в выбранном диапазоне. Последний способ был добавлен для расширения возможностей программы;
- Если пользователь планирует регистрацию спектров КР, он должен задать область сканирования – стоксову или антистоксову. Данный пункт был добавлен с целью не допустить повреждения ФЭУ при переходе монохроматором через область генерации лазера.
- Шаг сканирования – интервал между двумя ближайшими точками съема интенсивности.

- Время съема интенсивности – время, в течение которого ФЭУ будет производить счет импульсов.

- Волновое число, соответствующее нижней границе спектра.
- Волновое число, соответствующее верхней границе спектра.

В программе предусмотрена ситуация, когда пользователь введет ошибочные параметры, например значение верхней границы меньше значения нижней границы спектра, область сканирования меньше шага сканирования и т.д. В таком случае будет выдано соответствующее предупреждение.

В момент, когда монохроматор находится в области генерации источника излучения, необходимо закрыть входное отверстие, чтобы не допустить повреждения ФЭУ. Для этой цели на некоторых приборах серии ДФС-52 установлена шторка, однако она имеется не на всех приборах, и тем более не во всех экземплярах данной серии предусмотрено автоматическое управление этой шторкой. Поэтому, если в процессе движения монохроматор будет проходить через область генерации, программа попросит пользователя обеспечить безопасность прибора и предотвратить его повреждение.

Работа программы в процессе регистрации спектра зависит от выбранных настроек. В случае, если происходит регистрация спектра комбинационного рассеяния, монохроматор переводится в точку нижней границы спектра, т. е. в ближайшую к области генерации. Если же осуществляется регистрация спектрального состава в выбранном спектральном диапазоне, то монохроматор переводится в точку верхней границы, т. е. в точку, соответствующую максимальной частоте излучения. При этом на стартовую позицию монохроматор всегда приходит «сверху», т. е. со стороны больших частот для выборки мертвого хода механизма привода дифракционной решетки.

В ДФС-52 не предусмотрен датчик положения дифракционной решетки, поэтому координаты монохроматора отслеживаются программно. Привязку «виртуального монохроматора» к реальному монохроматору можно осуществить двумя способами: указать текущее положение монохроматора в соответствующем меню либо произвести автоматическую привязку с помощью концевых датчиков.

Для контроля состояния прибора в программе был реализован интенсивметр, отображающий в реальном времени количество фотонов, регистрируемых ФЭУ при текущем положении монохроматора в течение 0,1 или 1 секунды.

Таким образом, делая вывод о проведенной работе, можно отметить, что процесс регистрации спектров стал менее трудоемким, ин-

формация, получаемая модернизированной установкой, легко поддается последующей математической обработке, представляется в удобном для восприятия виде и может быть без проблем использована в других, более сложных программах и пакетах приложений (Origin, MathCad). Тем самым по существу обеспечиваются более широкие возможности регистрации спектров КР с улучшенными, за счет возможностей математической обработки, точностными техническими параметрами. В данном варианте спектрометр по своим возможностям близок к современным образцам спектрометров зарубежных фирм.

Литература

1. *Бенуэлл К.* Основы молекулярной спектроскопии: Пер. с англ. М.: Мир, 1985. 384 с.
2. *Бахшиев Н. Г.* Введение в молекулярную спектроскопию: Учеб. пособие. 2-е изд., испр. и доп. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1987. 216 с.
3. *Архангельский А. Я.* Программирование в Delphi 5 2-е изд., перераб. и доп. М.: ЗАО «Издательство БИНОМ», 2000. 1072 с.

СУЩНОСТЬ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ САМОВОСПИТАНИЯ

Д. В. Радюк

Выступающее в качестве фактора формирования личности самовоспитание не может быть понято как простая функция внешнего воздействия или только как результат чистого волеизъявления индивида. Оно есть общая результирующая, по крайней мере, трех взаимодействующих процессов: внешнего влияния, источником которого является сама жизнь, социальная среда; целенаправленного воспитания; деятельности самого человека, выступающего как бы в двух ипостасях: объекта воспитания и объекта собственного формирования, самовоспитания. Такая трактовка в известной мере совпадает с мнением ряда современных ученых. Так, А.Г. Ковалев пишет: «Сложный процесс формирования личности состоит из трех компонентов: влияния социальной среды, планомерного воспитательного воздействия общества на личность через его социальные институты, сознательного, целенаправленного воздействия человека на самого себя, т. е. самовоспитания».

Основные цели и задачи самовоспитания заключаются в его общественной направленности, связи личного самосовершенствования с осуществлением общественно-значимых задач. Человек посредством изменения своего внутреннего мира, своих качеств, привычек получает возможность изменять некоторые свои потребности, понимая свои особенности, четко представляя требования общества.

Новые условия развития общества, социально-экономические перемены выдвигают перед воспитателем дополнительные сложные задачи: воспитание самостоятельности, творчества, инициативы, ответственности, гуманизма. Эти задачи призвано решать и самовоспитание, опираясь на демократические формы жизни общества. Несмотря на меняющийся социальный уклад общества, остается неизменной цель воспитания – развитие подрастающих поколений, обладающих высокой нравственностью и научным мировоззрением, где важнейшее значение имеют собственные усилия человека, направленные на совершенствование своих качеств и способностей. Эта цель может быть достигнута при единстве воспитания и самовоспитания. В условиях современного общества самовоспитание выступает как моральный долг каждого человека. При этом следует учитывать, что самовоспитание, с одной стороны, интегрирует знания, представления, идеалы, взгляды и при этом создается целостная картина мира. С другой стороны, самовоспитание каждого складывается дифференцированно, в процессе деятельности. Личное совершенствование выступает как проявление творчески-преобразовательного отношения человека к самому себе.

Общей основой самовоспитания являются общегуманистические ценности. Возникает необходимость переориентировки воспитания и самовоспитания на общечеловеческие ценности, гуманизацию в сознании каждой личности. Как никогда ранее, сегодня возникает необходимость формирования ценностной личности. В современных условиях возникают требования общества и личности, следовательно, надо уделять повышенное внимание самовоспитанию. Важно каждому уметь самостоятельно организовывать себя, «руководить собой», сознательно воспитывая самодисциплину, ответственность за слова и поступки, побуждая себя к нравственному и духовному саморазвитию, к овладению культурой и знаниями, чтобы сформировать собственное ясное понимание действительности.

СТИМУЛЫ ЛИЧНОСТНО-ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ УЧИТЕЛЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ

Н. Н. Сачок

Сложный этап современных экономических, политических, социокультурных преобразований предъявляет особые требования к подготовке учителя общеобразовательной школы, который должен обладать

широчайшим диапазоном личностно-профессиональных качеств, таких, как самобытность, самооценность, креативность, творческая мобильность, деловитость, профессиональная компетентность и т. д. Процесс успешного формирования этих качеств во многом зависит от продуманной системы эффективных способов воздействия на личность в контексте теории педагогического стимулирования.

Основой теории стимулирования послужили исследования Мак-Дауголла, Д. Дьюи и др. Они разработали концепцию стимулирования, обогатившую педагогическую теорию и практику новым содержательным подходом.

Дальнейшее развитие теория стимулирования получает в трудах К. Левина, Р. Кэттэла, П. Фресса и др. Становление и развитие теории стимулирования потребовало разработки и уточнения четких дефиниций, составляющих содержательную основу анализируемой проблемы. Одним из первых, кто предпринял попытку дать определение понятия «стимулы» и предположить их классификацию, был К. Шимански. Под стимулами он понимал определенные раздражители, которые могут быть «побуждающими» и «эффективными». «Побуждающие» стимулы как внешние факторы воздействия рожают определенные мотивы; «эффективные» стимулы непосредственно связаны с различными формами поведения человека.

Впоследствии проблема взаимосвязи стимула и мотива становится предметом специального изучения многих ученых. Значительный вклад в разработку теории стимулирования внесли Л. С. Выгодский, А. Н. Леонтьев, К. К. Платонов и др. Сущность этой теории заключается в таком построении целостного педагогического процесса, методика и технология которого позволяет раскрывать мощные потенциальные интеллектуальные и духовно-нравственные ресурсы личности. Происходит это благодаря тонкой системе глубоко продуманных внешних воздействий, создающих ситуацию радостного перерождения личности, когда учение осуществляется с увлечением, когда мыслительная деятельность доставляет истинное интеллектуальное наслаждение. В этом случае учащийся (школьник, студент) из объекта воздействия становится субъектом своего становления, развития, совершенствования, что имеет чрезвычайное значение для любого времени, особенно сегодняшнего, противоречивого и неоднозначного, открывающего колоссальные возможности для воспитания универсальной личности.

Стимул – это внешний побудитель, своеобразный толчок, вызывающий соответствующую форму поведения на основе определенных

мотивов. Безусловно, важная роль в активизации деятельности принадлежит интересу, как избирательной направленности личности на определенные объекты и предметы окружающей действительности.

Существует система социальных, экономических, материальных, моральных, педагогических стимулов, вариативное использование которых создает безграничные возможности для личностно-профессионального развития учителя.

При использовании технологии педагогического стимулирования в высшей школе следует учитывать видовое многообразие стимула как социокультурного феномена, обладающего огромным преобразовательным потенциалом. Так, в процессе профессионально-педагогической подготовки студентов позитивное значение имеет ориентация на педагогический идеал, воплощающий в себе проявление высочайшего профессионализма и стимулирующий студентов к деятельности по преобразованию собственной личности. Подобное самосозидание возможно при создании «ситуации успеха», опоре на личный жизненный опыт, создание атмосферы доверия – всего того, что создает благоприятный морально-психологический климат в студенческом коллективе, демократический стиль педагогического общения.

ДВУХЧАСТОТНЫЙ НЕПРЕРЫВНЫЙ YAG:ND³⁺-ЛАЗЕР С ДИОДНОЙ НАКАЧКОЙ

А. Б. Стальмошенок

В настоящее время интенсивно ведутся работы по созданию двухчастотных непрерывных твердотельных лазеров с диодной накачкой.

В результате исследований, проведенных в ряде научных центров, были предложены и реализованы различные схемы получения двухчастотной генерации в твердотельных лазерах. Во всех схемах для получения устойчивой генерации двух линейных ортогонально поляризованных аксиальных мод используется фазово-анизотропный резонатор. Различие заключается в способе создания фазовой анизотропии резонатора. В монолитных твердотельных лазерах для создания регулируемой фазовой анизотропии используются фотоупругие свойства активного элемента (АЭ) или электрические и магнитные поля, налагаемые на АЭ [1]. В немонолитных лазерах для создания фазовой анизотропии применяются традиционные фазовые элементы: фазовые пластинки, фазово-анизотропные клинья и т. д. [2].

В настоящей работе описывается компактный линейный двухчастотный YAG:Nd³⁺ лазер с торцевой диодной накачкой. Двухчастотный режим генерации, перестройка межчастотного интервала и области

генерации в пределах контура усиления активной среды обеспечивается использованием фотоупругих свойств подложки выходного зеркала резонатора и интерферометров Фабри-Перо, образованных имеющимися внутрирезонаторными поверхностями.

Экспериментальные исследования спектров генерации лазера выполнялись на установке, принципиальная схема которой представлена на рис. 1.

Спектральный состав выходного излучения лазера определялся параметрами основного резонатора и параметрами резонатора, образованного торцами активного элемента. В зависимости от положения мод на контуре линии усиления, величины превышения усиления над потерями и взаимного расположения мод двух рассматриваемых резонаторов относительно друг друга и при отсутствии фазовой анизотропии в подложке (механическая нагрузка равна нулю) лазер мог генерировать на одной или двух собственных модах основного резонатора (рис. 2).

Двухчастотный режим генерации в лазере осуществлялся следующими двумя способами:

1) Анизотропия в подложке выходного зеркала создавалась при одномодовом режиме генерации лазера, что приводило к расщеплению данной моды на две моды с линейными ортогональными поляризациями (рис. 3). Величина межмодового интервала при двухчастотной генерации регулировалась изменением величины анизотропии. Двухчастотная генерация с используемым механизмом сжатия подложки была получена в диапазоне изменения межмодового интервала от 50 МГц до 2,4 ГГц.

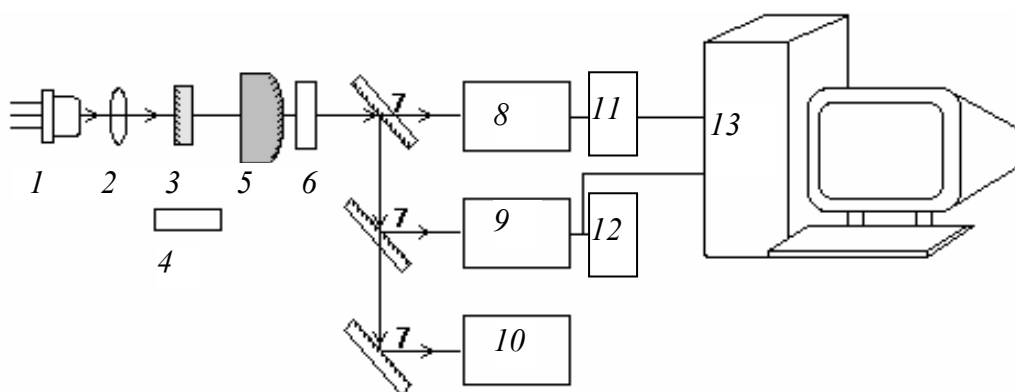


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

1–полупроводниковый лазер, 2–фокусирующая линза, 3–АЭ лазера, 4–вентилятор, 5–выходное зеркало, 6–поляризатор, 7–делительные пластинки, 8–дифракционный спектрограф, 9–сканирующий интерферометр Фабри-Перо, 10–измеритель энергии, 11–ПЗС-линейка, 12–осциллограф С1-93, 13–ПЭВМ

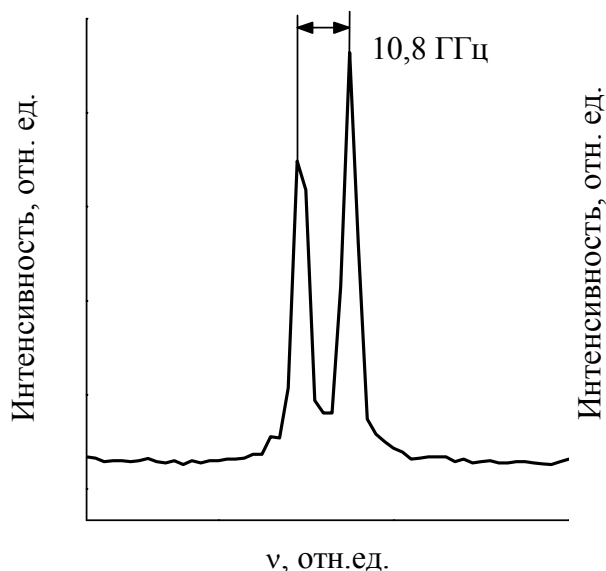


Рис. 2. Спектр генерации лазера при отсутствии фазовой анизотропии (двухмодовый режим)

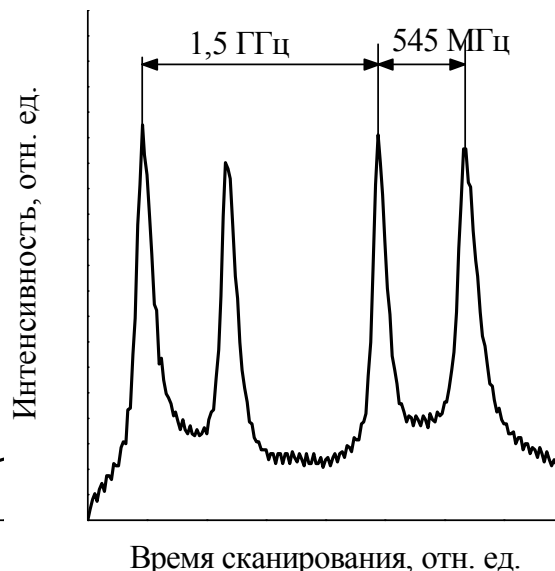


Рис. 3. Осциллограмма, полученная с помощью сканирующего интерферометра при внесении фазовой анизотропии

2) Анизотропия в подложке выходного зеркала создавалась при генерации лазера на двух собственных модах основного резонатора, что приводило к расщеплению каждой моды на две моды с линейными ортогональными поляризациями. В этом случае для двух мод, наиболее удаленных от центра собственной моды резонатора, образованного торцами АЭ, с увеличением расщепления увеличивались потери и при некоторой величине расщепления они полностью подавлялись. Таким образом, начиная с некоторого значения величины расщепления (1,2 ГГц), в лазере реализовался двухчастотный режим генерации. Величина межмодового интервала, как и в первом случае, регулировалась изменением величины анизотропии, причем с увеличением анизотропии величина межмодового интервала уменьшалась. На рис.4 показан спектр излучения лазера при максимально возможном интервале между модами.

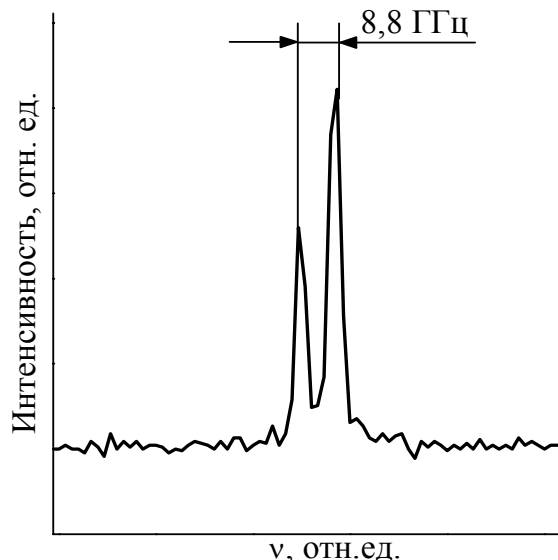


Рис. 4. Спектр генерации лазера, полученный из двухмодового режима путем внесения фазовой анизотропии

Исследования мощности излучения лазера показали, что двухчастотный режим генерации со-

хранился вплоть до уровня накачки в 240 мВт. Причем мощность выходного излучения была 12 мВт.

Таким образом, созданный двухчастотный лазер позволяет получать как малые, так и большие величины межмодового интервала при сравнительно небольших механических деформациях подложки зеркала, что значительно облегчает практическую реализацию двухчастотной генерации.

Литература

1. Owyong A., Esherick. Stress-induced tuning of a diode-laser-excited monolithic Nd:YAG laser // Optics Letts. 1987. № 12. С. 999 – 1001.
2. Шаннанин Р. А., Петровский В. Н., Проценко Е. Д. и др. Линейный двухчастотный непрерывный YAG:Nd³⁺ – лазер с полупроводниковой накачкой // Квантовая электроника. 1996. № 2. С. 127–130.

ОБРАЗОВАНИЕ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВНУТРИРЕЗОНАТОРНЫХ СОЛИТОНОВ ПРИ НАКЛОННОМ ПАДЕНИИ ВХОДНЫХ ПУЧКОВ

Д. А. Хмельницкий

В работе анализируются образование и взаимодействие внутрирезонаторных солитонов в резонаторе с керровской нелинейностью при наклонном падении входных световых пучков. Исследуется эволюция солитонов при различных входных значениях угла падения и интенсивности.

При интерференции двух пучков, распространяющихся под некоторым углом друг к другу в интерферометре Фабри-Перо, вследствие модуляции показателя преломления и (или) коэффициента поглощения нелинейного слоя будет происходить запись динамической дифракционной решетки. Изменение входного излучения, в зависимости от начальной отстройки, будет обуславливать реализацию либо положительной, либо отрицательной обратной связи. При положительной обратной связи будет наблюдаться резкое, лавинообразное нарастание интенсивности на выходе интерферометра. Отрицательная же обратная связь, наоборот, обеспечивает практически постоянную величину выходной интенсивности. В данной системе возможна реализация режимов оптической бистабильности как вследствие положительной внешней обратной связи (переотражения от зеркал резонатора) [1], так и из-за перераспределения световых волн на сформированной решетке [2]. Теперь при подаче на вход интерферометра гауссова пучка с пиковой

интенсивностью, незначительно превышающей пороговую интенсивность, будет наблюдаться переключение средней части пучка в верхнее состояние. Таким образом, при соответствующих условиях может формироваться устойчивая локализованная солитоноподобная структура. Такие структуры называли резонаторными солитонами (cavity solitons). Существует несколько различных способов интерпретации и описания этих объектов. Один из способов интерпретирует резонаторный солитон как некий частный случай (элемент) более сложных структур, возникающих в резонаторе. Другой способ описания представляет солитон как связанное состояние волн переключения, когда одна волна создает условия для «захвата» другой волны, и наоборот [3].

В нашем случае в интерферометр помещена среда с керровской нелинейностью. В процессе распространения в среде пучки формируют два солитона, которые взаимодействуют друг с другом. Для моделирования распространения солитона в резонаторе необходим анализ полной системы волновых уравнений, что является весьма и весьма проблематичным в силу своей сложности. Одним из способов решения этой проблемы является разработка модели среднего поля. Эта модель предполагает малость потерь в световом пучке при однократном обходе резонатора и, как следствие, позволяет приближенно считать поле в резонаторе неизменным вдоль продольной координаты. Это существенно упрощает рассмотрение данной системы и позволяет не только проследить процесс образования солитонов, но и промоделировать их взаимодействие [4].

Волновые уравнения для комплексных амплитуд волн E_1 и E_2 в приближении среднего поля для высокочастотного резонатора с учетом дифракционного механизма поперечного взаимодействия можно записать следующим образом:

$$\begin{cases} \frac{\partial E_1}{\partial t} = E_{10} + E_1 \left[i\Delta_0 - 1 - i\eta \left(|E_1|^2 + 2|E_2|^2 \right) \right] + i\beta\Delta_{\perp} E_1 + \alpha_0 \frac{\partial E_1}{\partial x} \\ \frac{\partial E_2}{\partial t} = E_{20} + E_2 \left[i\Delta_0 - 1 - i\eta \left(|E_2|^2 + 2|E_1|^2 \right) \right] + i\beta\Delta_{\perp} E_2 - \alpha_0 \frac{\partial E_2}{\partial x} \end{cases}, \quad (1)$$

где $\Delta_{\perp}$ – оператор второй производной по поперечной координате, $\Delta_0 = (4\pi L / \lambda - 2m\pi) / (1 - R)$ – начальная отстройка интерферометра от резонанса, R – коэффициент отражения зеркал, L – толщина резонатора, $\beta = \lambda L / 4\pi(1 - R)x_0^2$ – безразмерный параметр, характеризующий дифракцию излучения, (x_0 – полуширина гауссова профиля ин-

тенсивности на выходе интерферометра), η – параметр нелинейности ($\eta=1$ при самофокусировочном типе нелинейности и $\eta = -1$ – при дефокусировке), $\alpha_0 = \alpha'_0 L / 2\pi(1 - R)$ – нормированная величина угла падения световых пучков на входе интерферометра Фабри-Перо [5].

Данную систему уравнений можно решить, используя численные методы. Программа, реализующая численный метод решения (по явной схеме), позволила получить графики, иллюстрирующие эволюцию световых пучков в резонаторе. Как видно из (рис. 1), при некотором пороговом значении входной интенсивности световых пучков ($I = 1,125$) наблюдается формирование локализованной волны.

Это объясняется существованием порогового значения плотности энергии, ниже которого самофокусировка не наблюдается. При дальнейшем увеличении интенсивности имеют место эффекты распада солитона на две, три и т. д. волны. Ввиду неоднородности фронта светового пучка, при высоких интенсивностях, он может породить два, три и более солитонов (рис. 2).

При некоторых условиях ($\alpha_0=0,15$, $I=1,15$) возможна реализация неустойчивого режима пульсаций (рис. 3).

Эту неустойчивость можно объяснить конкуренцией двух факторов: наклонного падения пучков (что определяет сближение солитонов) и эффекта распада. При анализе устойчивости солитонов существенным фактором является их размерность, так как переход более высокоразмерных солитонов при неизменных параметрах может обусловить появление эффекта распада, пульсации и т.д.

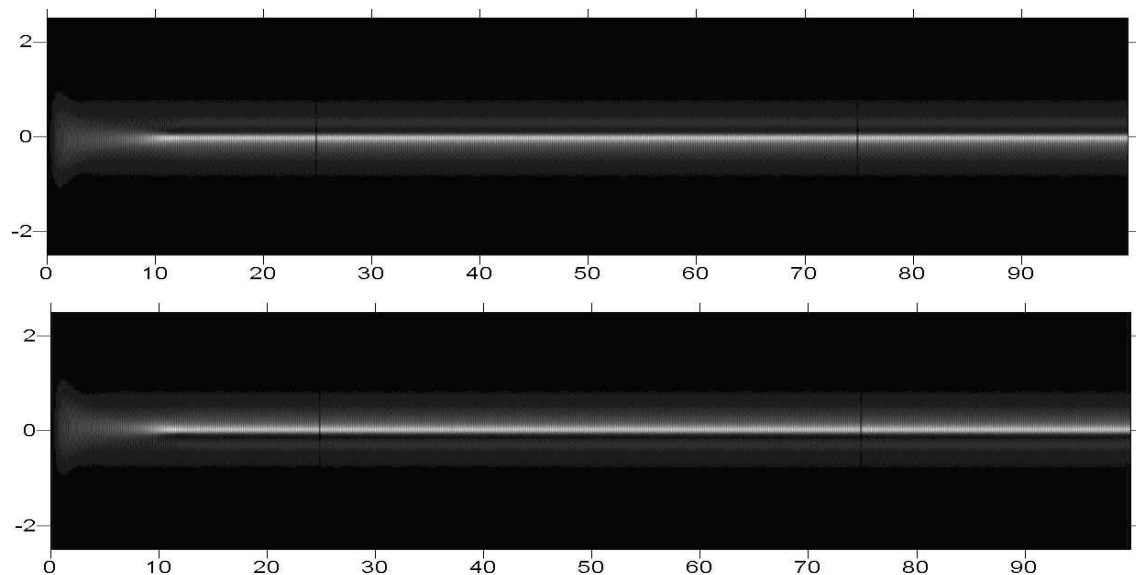


Рис. 1. Пучки на выходе резонатора
(входные пучки: интенсивность – $I=1,125$, угол падения – $\alpha_0 = 0,15$)

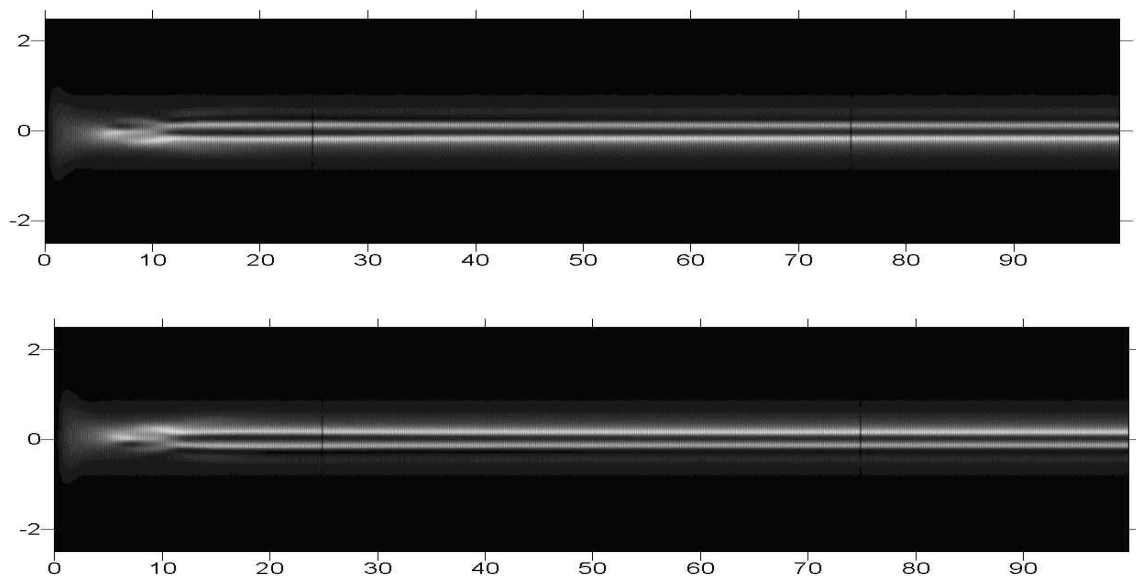


Рис.2. Пучки на выходе резонатора
(входные пучки: интенсивность – $I=1,2$, угол падения – $\alpha_0=0,15$)

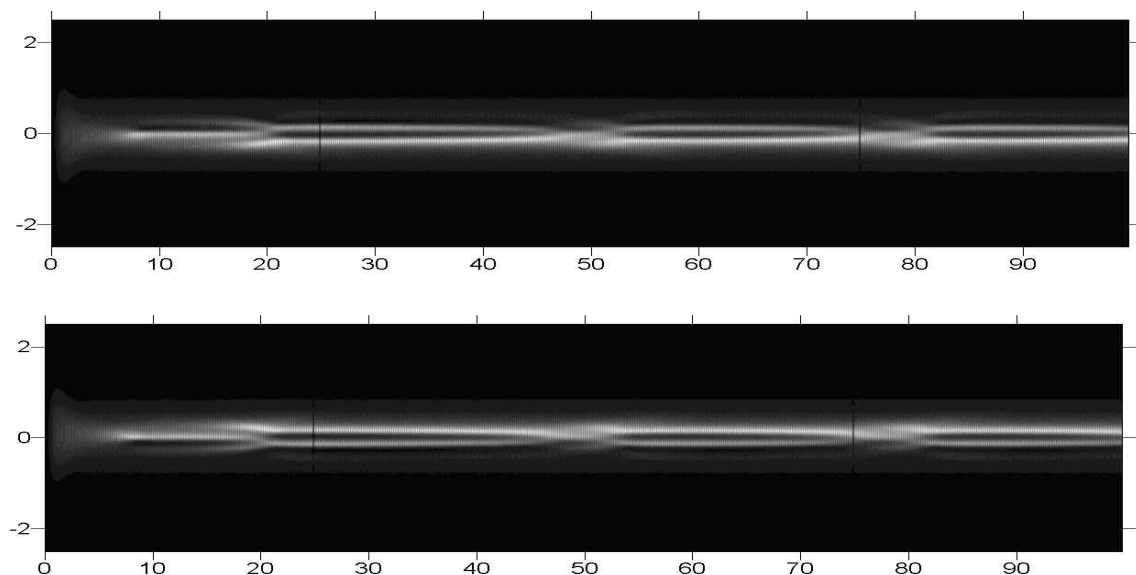


Рис.3. Пучки на выходе резонатора
(входные пучки: интенсивность – $I=1,15$, угол падения – $\alpha_0=0,15$)

В заключение хотелось бы отметить, что причины и механизмы возникновения и эволюции подобных структур пока четко неясны и судить о них можно лишь на качественном уровне. Однако данные исследования позволяют проследить эволюцию пучков и определить некие характерные зависимости.

Литература

1. Гиббс Х. Оптическая бистабильность. Управление светом с помощью света: Пер. с англ. М.: Мир, 1988. 520 с.

2. Kaplan A.E., Meystre P. Directionally asymmetrical bistability in symmetrically pumped nonlinear ring interferometer // Optics Commun. 1982. V. 40. № 3. P. 229–232.
3. Розанов Н. Н. Оптическая бистабильность и гистерезис в распределенных нелинейных системах. М.: Наука. Физматлит, 1997. 336 с.
4. Романов О. Г. Четырехволновое взаимодействие в интерферометре Фабри-Перо с резонансной нелинейностью. Дис... канд. физ.-мат. наук. Мн.: БГУ. 2000. 119 с.

ВЛИЯНИЕ ПЛОТНОСТИ МОЩНОСТИ ВОЗБУЖДАЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СПЕКТРЫ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ МОНОКРИСТАЛЛА АЛМАЗА

К. В. Шоломицкий

Введение

Спектроскопия комбинационного рассеяния является удобным неразрушающим методом анализа алмазных и алмазоподобных материалов, которая позволяет выявлять наличие неалмазных (графит, аморфный углерод) фаз углерода, наличие и характер внутренних напряжений, а также оценить концентрацию различного рода дефектов. Вместе с тем плотность мощности возбуждающего излучения для сред с высоким коэффициентом поглощения может существенно влиять на результаты экспериментальных измерений [1]. Настоящее сообщение посвящено выяснению влияния плотности мощности лазерного излучения на спектры комбинационного рассеяния монокристаллов алмаза.

Объекты и методы исследования

В качестве объекта исследования был взят синтетический монокристалл алмаза весом 0,7 карата. Он характеризовался низкой концентрацией азота и легированием бором. Пластина, вырезанная из этого

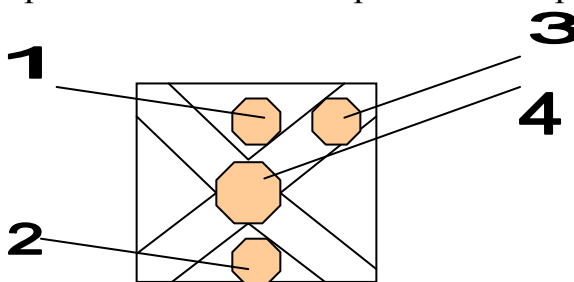


Рис.1. 1,2,3,4 – области воздействия возбуждающего излучения, 1,2,3 – области с низким содержанием примесей (на образце имела белый цвет, тогда как область креста была желтой

кристалла, схематически показана на рис.1. Область в виде креста в центральной части пластины (цифрами выделены области, куда направлялось возбуждающее лазерное излучение).

Регистрация спектров КР осуществлялась с помощью спектрометра SPEX 1403, оснащенного ФЭУ R928, охлаждаемым до 243°С.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ЖИЗНИ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В ПОЛУПРОВОДНИКОВОМ ДИОДЕ ИЗ ИЗМЕРЕНИЙ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ИМПЕДАНСА

С. В. Шпаковский, В. А. Филипеня

Введение

Время жизни носителей заряда (электронов и дырок) сильно зависит от концентрации примесей, дефектов структуры, а также от особенностей технологии получения и термообработки полупроводниковых материалов и во многом определяет возможности их использования для изготовления приборов.

Существуют различные стационарные и нестационарные методы измерения времени жизни носителей заряда в полупроводниках, которые имеют свои преимущества и недостатки [1–3]. Промышленности же необходимы экспрессные методики определения времени жизни неравновесных носителей заряда не только для полупроводниковых материалов, но и для готовых структур. Ниже развивается методика определения времени жизни носителей заряда для диодов на случай переменного электрического тока.

Теория метода

Рассмотрим диод на прямой ветви вольт-амперной характеристики с плотностью тока $J = J_0 + J_{ac}(t)$, где J_0 – постоянная составляющая плотности тока через pn -переход, $J_{ac}(t)$ – переменная составляющая тока. Дырочный ток $J_p \approx J - J_{gr}$ через p^+n -переход превалирует, так что согласно [4,5] имеем

$$J_p = \frac{qD_p p}{d} \frac{d}{L_p} \sqrt{1 + i\omega\tau_p} \operatorname{cth} \left(\frac{d}{L_p} \sqrt{1 + i\omega\tau_p} \right) \left[\exp \left(\frac{q(U_0 + U_1 \exp(i\omega t))}{mk_B T} \right) - 1 \right], \quad (1)$$

где d – длина базы диода, т. е. области n -типа, $L_p = (D_p \tau_p)^{1/2}$ – диффузионная длина дырок, D_p – коэффициент диффузии дырок в n -области, p – концентрация неравновесных дырок на границе p^+n -перехода со стороны базы при прямом постоянном внешнем электрическом смещении $U_0 > 0$ на диоде; $\tau_p(U_0)$ – время жизни неравновесных дырок в базе; $U = U_0 + U_1 \exp(i\omega t)$ – разность потенциалов на p^+n -переходе от внешнего источника; m – безразмерный параметр, учитывающий комбинацию электронов и дырок в области объемного заряда pn -перехода.

Исходя из выражения (1) находим изменение адмитанса диода $Y = (dJ_p/dU)S$ на переменном токе из-за инжекции дырок из p^+ -области в базу: $Y = Y_0[(A \operatorname{sh} 2A + B \sin 2B) + i(B \operatorname{sh} 2A - A \sin 2B)]$, где Y_0 зависит от приложенного к p^+n -переходу постоянного электрического смещения $U_0 > 0$ прямой полярности

$$A = \frac{d}{L_p} \sqrt{\frac{\sqrt{1 + (\omega\tau_p)^2} + 1}{2}}; \quad B = \frac{d}{L_p} \sqrt{\frac{\sqrt{1 + (\omega\tau_p)^2} - 1}{2}}. \quad (2)$$

Время жизни дырок $\tau_p(J)$ в базовой области диода неявно выражается через тангенс угла рекомбинационных потерь:

$$\operatorname{tg} \delta_d = \frac{G(J) - G_1}{\omega[C(J) - C_1]} = \frac{\operatorname{Re} Y}{\operatorname{Im} Y} = \frac{A \operatorname{sh} 2A + B \sin 2B}{B \operatorname{sh} 2A - A \sin 2B}, \quad (3)$$

где $G(J) - G_1$, $C(J) - C_1$ – изменения действительной части проводимости G и емкости C диода, обусловленные стационарным потоком дырок в базу через pn -переход (по параллельной эквивалентной схеме); G_1 , C_1 – проводимость и емкость диода на переменном токе (при $J_0 = 0$); $\operatorname{Re} Y$, $\operatorname{Im} Y$ – действительная и мнимая части изменения адмитанса диода при возбуждении постоянного тока.

Отметим, что из уравнения (3) при $A = d(\omega/D_p)^{1/2} \ll 1$, $B = d(\omega/D_p)^{1/2} \ll 1$, т. е. формально по (2) при $\tau_p \rightarrow \infty$ следует $\operatorname{tg} \delta_d = 3D_p/d^2\omega$. Таким образом, время жизни неосновных носителей заряда в базовой области диода из формулы (3) можно определить лишь когда $\operatorname{tg} \delta_d > 3D_p/d^2\omega$, где $D_p \approx 12.3 \text{ см}^2/\text{с}$ в n -Si при комнатной температуре.

Результаты расчета времени жизни

Измерения кремниевых диодов проводились при комнатной температуре на измерителе иммитанса Е7-12 (частота измерительного сигнала $f = \omega/2\pi = 1 \text{ МГц}$; амплитуда $U_1 = 25 \text{ мВ}$). Напряжение обратного смещения U_0 от 0 до -12 В , постоянный прямой ток через диод изменялся $J_0 S = 0 - 12 \text{ мА}$.

Из результатов измерений импеданса $Z = 1/Y$, где $Y = G + i\omega C$ и численного решения (3) с учетом (2) найдены времена жизни дырок в базе диода #2 с плавным pn -переходом. При изменении плотности прямого тока J от 10 до 100 мА/см^2 наблюдалось уменьшение времени жизни дырок τ_p в области n -типа от $2.2 \cdot 10^{-7}$ до $6 \cdot 10^{-8} \text{ с}$. На рис. 1 приведена зависимость времени жизни неосновных носителей заряда в

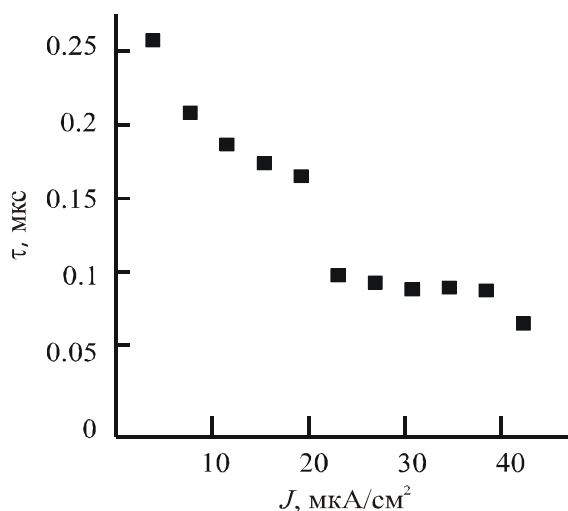


Рис. 1. Зависимость времени жизни неосновных носителей заряда от плотности переменного тока для диода с плавным pn -переходом

базовой области диода от плотности тока (результаты усредненные по трем образцам).

Заключение

Разработана методика определения времени жизни электронно-дырочной пары в двойном электрическом слое pn -перехода неосновных носителей заряда в базовой области диода при прямом смещении. Выполнена ее апробация на кремниевых диодах с плавным pn -переходом, изготовленных промышленным способом.

Литература

1. Батавин В. В., Концевой Ю. А., Федорович Ю. В.. Измерение параметров полупроводниковых материалов и структур М.: Радио и связь, 1985
2. Павлов Л. П. Методы измерения параметров полупроводниковых материалов М.: Высш. шк., 1987.
3. Воробьев Ю. В., Добровольский В. Н., Стриха В. И. Методы исследования полупроводников Киев: Выща школа, 1988.
4. Пикус Г. Е. Основы теории полупроводниковых приборов. М.: Наука, 1965.
5. Линч П., Николайдес А. Задачи по физической электронике. М.: Мир, 1975.

ОБОБЩЕННАЯ ТЕОРЕМА ЭРЕНФЕСТА В ПЯТИМЕРНОЙ ПРОЕКТИВНОЙ ТЕОРИИ ПОЛЯ

Е. А. Вылегжанин

В работе [1] исследовано обобщение теоремы Эренфеста на метрику общей теории относительности. Основной идеей является удовлетворение ожидаемых значений операторов положения частицы уравнениям Папапетру [3], описывающим движение пробной частицы со спином в слабом гравитационном поле. Предлагается попытка такого обобщения для одной из многомерных полевых теорий.

Пятимерная проективная теория поля [4] вводит дополнительное скалярное поле σ . В уравнения теории входит свободная функция $\eta(\sigma)$, определяющая инертную массу частицы m . Далее исследуется частный случай $\eta = \sigma^{-1}$, что дает для инертной массы

$$m = m_0(1 + \alpha), \quad \alpha = -\frac{\varphi}{\sigma_0^2 c^2} = O\left(\frac{1}{c^4}\right), \quad (1)$$

где $\sigma_0 \sim 66 - 71$ – космологическое скалярное поле.

Общековариантное уравнение Дирака [5] всегда допускает представление в виде уравнения Шредингера с гамильтонианом ¹

$$H = -i \frac{\hbar c}{g^{44}} \left(g^{44} \Gamma_4 + \gamma^4 \gamma^k \Gamma_k + \gamma^4 \frac{mc}{\hbar} + \gamma^4 \gamma^k \frac{i}{\hbar} P_k \right), \quad (2)$$

Для дальнейшего удобнее ввести эрмитов оператор p_k :

$$p_k \equiv -i\hbar \left(\partial_k + \frac{1}{2} \frac{\partial_k \sqrt{g_3}}{\sqrt{g_3}} \right), \quad \sqrt{g_3} = \det g_{mn}, \quad (3)$$

удовлетворяющий обычным коммутационным соотношениям.

Ограничимся постньютоновским приближением – членами порядка $1/c^2$. При надлежащем выборе γ -матриц [2] в отсутствие электромагнитного поля гамильтониан (2) будет иметь вид ²

$$H = H^{(GR)} + W, \quad W = m_0 c^2 \beta \alpha \left(1 + \frac{\varphi_N}{c^2} \right) + O\left(\frac{1}{c^4}\right). \quad (4)$$

Очевидно, полный гамильтониан H отличается от $H^{(GR)}$ – соответствующего гамильтониана для случая ОТО на величину W , пропорциональную малой поправке к массе α , создаваемой скалярным полем. Кроме того, нетрудно видеть, что H – эрмитов оператор.

Для перехода к двухкомпонентному представлению воспользуемся методом последовательных приближений [2]. Гамильтониан в двухкомпонентном представлении выглядит следующим образом

$$H_\Phi = H_\Phi^{(GR)} + W_\Phi, \quad W_\Phi = m_0 c^2 \alpha \left(1 + \frac{\varphi_N}{c^2} \right) + O\left(\frac{1}{c^4}\right). \quad (9)$$

Операторы положения, скорости и ускорения соответственно будут:

$$R_\Phi^k = x^k - \frac{\hbar}{4m_0^2 c^2} \varepsilon^{klm} p_l \sigma_m, \quad (10)$$

¹ Греческие индексы – четырехмерные (1...4), латинские – трехмерные (1...3).

² Верхним индексом (GR) помечены аналогичные операторы из ОТО.

$$\overset{\circ}{R}_{\Phi}^k = \overset{\circ}{R}_{\Phi}^{k(GR)} + \frac{\hbar}{2m_0} \varepsilon^{klm} \alpha_{,l} \sigma_m, \quad (11)$$

$$\overset{\circ\circ}{R}_{\Phi}^k = \overset{\circ\circ}{R}_{\Phi}^{k(GR)} - c^2 \alpha_{,k}. \quad (12)$$

В итоге получаем уравнения движения центра масс, совпадающие с уравнениями Папапетру с граничными условиями Пирани или Тульчиева-Диксона в нашем приближении:

$$\begin{aligned} \frac{dv^k}{dt} = \langle \Phi | \overset{\circ\circ}{R}_{\Phi}^k | \Phi \rangle = -\varphi_{,k} \left(1 + \frac{2\varphi}{c^2} + \frac{v^2}{c^2} \right) + \\ + \frac{4}{c^2} \varphi_l v^k v^l - \frac{1}{mc^2} S_m (\varepsilon^{klm} v^n \varphi_{,nl} + 2\varepsilon^{nlm} v_l \varphi_{,nk}) - c^2 \alpha_{,k}. \end{aligned} \quad (14)$$

$$\frac{dS^k}{dt} = \frac{1}{c^2} (S^k \varphi_{,l} v^l - 2\varphi_{,k} S^l v_l + v^k S^l \varphi_{,l}), \quad \frac{dS^4}{dt} = -\frac{1}{c} \varphi_{,l} S^l, \quad (15)$$

Эквивалентность уравнений можно трактовать как обобщенную теорему Эренфеста в случае слабого гравитационного поля.

Литература

1. Горбачев А. К. Изв. АН БССР. Сер. физ.-мат. наук. 1979. № 2. С. 62–68.
2. Горбачев А. К. Квантовая механика в общей теории относительности / Под ред. Н. В. Мицкевича. Мн.: Изд-во «Университетское», 1985.
3. Papapetrou A. Proc. Roy. Soc. A209. 1951. P. 248.
4. Schmutzer E. Fortschr. Phys. 43. 1995. P. 613.
5. Schmutzer E. Relativistische Physik. Leipzig, 1968.

О ВЫЧИСЛЕНИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПРИ РЕШЕНИИ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С L-ПАРАМЕТРОМ

О. Н. Вайтюк, П. А. Мандрик

В настоящей работе предлагается способ вычисления функциональных коэффициентов, возникающих при решении интегральных уравнений вида Фредгольма с L-параметром (см., например, [1, с. 183])

$$\overline{\varphi}(r, s) - \frac{1}{\pi} \int_0^R \overline{\varphi}(t, s) \overline{K}(r, t, s) dt = \overline{F}(r, s), \quad 0 < r < R, \quad (1)$$

где $\bar{K}(r, t, s) = \frac{\sin\left(\sqrt{\frac{s}{a}}(t-r)\right)}{t-r} \pm \frac{\sin\left(\sqrt{\frac{s}{a}}(t+r)\right)}{t+r}$ – ядро; $a > 0$ – постоянный параметр; $\bar{F}(r, s)$ – заданная функция; s – комплексный L – параметр, удовлетворяющий ограничению $\text{Re}(s) > 0$, которое для краткости изложения далее опускаем.

Отметим, что к данному интегральному уравнению сводятся, например, парные интегральные уравнения, возникающие при решении краевых задач для нестационарного уравнения теплопроводности со смешанными граничными условиями.

Решение интегрального уравнения (1) предлагается искать в виде сходящегося функционального ряда

$$\bar{\varphi}(r, s) = \frac{1}{s} \exp\left(-2R\sqrt{\frac{s}{a}}\right) \sum_{n=0}^{\infty} \varphi_n(r) (\sqrt{s})^n, \quad (2)$$

где $\varphi_n(r)$ – функциональные коэффициенты, подлежащие определению.

Все известные в (1) и (2) аналитические функции, зависящие от параметра s , представим в виде степенных рядов:

$$\bar{K}(r, t, s) = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{\sin\left(\frac{\pi m}{2}\right)}{m! (\sqrt{a})^m} \left[(t-r)^{m-1} \pm (t+r)^{m-1} \right] (\sqrt{s})^m, \quad (3)$$

$$\bar{F}(r, s) = \sum_{n=0}^{\infty} f_n(r) (\sqrt{s})^{n-2}, \quad (4)$$

$$\exp\left(2R\sqrt{\frac{s}{a}}\right) = \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{2R}{\sqrt{a}}\right)^n (\sqrt{s})^n, \quad (5)$$

где $f_n(r)$ – определенные функциональные коэффициенты разложения известной правой части $\bar{F}(r, s)$.

Тогда с учетом формул (2)–(5) после изменения в правой части уравнения (1) порядка суммирования по формуле $\sum_{n=0}^{\infty} a_n \sum_{m=0}^{\infty} b_m = \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=0}^n a_{n-m} b_m$ и приравнивания коэффициентов при одинаковых сте-

пенях $\sqrt{s}$ может быть получена рекуррентная формула для нахождения функциональных коэффициентов $\varphi_n(r)$

$$\begin{aligned}\varphi_n(r) = & \frac{1}{\pi} \sum_{m=0}^n \frac{\sin\left(\frac{\pi m}{2}\right)}{m!(\sqrt{a})^m} \int_0^R \varphi_{n-m}(t) \left[(t-r)^{m-1} \pm (t+r)^{m-1} \right] dt + \\ & + \frac{1}{(\sqrt{a})^n} \sum_{m=0}^n (2R)^{n-m} f_m(r), \quad n = 0, 1, 2, \dots\end{aligned}\quad (6)$$

Из (6) очевидным образом можно получить выражения

$$\varphi_0(r) = f_0(r);$$

$$\varphi_1(r) = \frac{1}{\pi\sqrt{a}} \int_0^R \varphi_0(t) \left[(t-r) \pm (t+r) \right] dt + \frac{1}{\sqrt{a}} \left(2R f_0(r) + f_1(r) \right);$$

$$\varphi_2(r) = \frac{1}{\pi\sqrt{a}} \int_0^R \varphi_0(t) \left[(t-r) \pm (t+r) \right] dt + \frac{1}{a} \left(4R^2 f_0(r) + 2R f_1(r) + f_2(r) \right)$$

и т. д.

Нахождение функциональных коэффициентов с помощью рекуррентной формулы (6) достаточно трудоемко, так как для каждого значения переменной r , например, при реализации на ЭВМ требуется, по сути, каждый раз повторять все аналитические вычисления. Предложим здесь другой способ нахождения функциональных коэффициентов $\varphi_n(r)$, свободный от этого недостатка.

Рассмотрим, например, конкретную задачу [2], где ядро уравнения (1) имеет вид

$$\bar{K}(r, t, s) = \frac{\sin\left(\sqrt{\frac{s}{a}}(t-r)\right)}{t-r} - \frac{\sin\left(\sqrt{\frac{s}{a}}(t+r)\right)}{t+r},$$

а функция $F(r, s)$ правой части – вид

$$F(r, s) = \frac{2}{\lambda\pi} \int_0^r \frac{\mu \bar{q}(\mu, s) \cos\left(\sqrt{\frac{s}{a}}(r^2 - \mu^2)\right)}{\sqrt{\frac{s}{a}}(r^2 - \mu^2)} d\mu. \quad (7)$$

В формуле (7) $\bar{q}(\mu, s) = q_0 = \text{const}$ – функция плотности теплового потока; $\lambda > 0$ – коэффициент теплопроводности и $a > 0$ – коэффициент температуропроводности исследуемого полуограниченного тела.

Тогда формула (4) примет вид

$$F(r,s) = \sum_{n=0}^{\infty} f_n(r) (\sqrt{s})^{n-2} = q_0 \sqrt{a} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\sin\left(\frac{n+1}{2}\pi\right)}{(n+1)!} \left(\frac{r}{\sqrt{a}}\right)^{n+1} (\sqrt{s})^{n-2}, \quad (8)$$

а формула (6) – вид

$$\begin{aligned} \varphi_n(r) = & \frac{1}{\pi} \sum_{m=0}^n \frac{\sin\left(\frac{\pi m}{2}\right)}{m! (\sqrt{a})^m} \int_0^R \varphi_{n-m}(t) \left[(t-r)^{m-1} - (t+r)^{m-1} \right] dt + \\ & + \frac{2q_0}{\pi \lambda (\sqrt{a})^n} \sum_{m=0}^n (2R)^{n-m} \frac{\sin\left(\frac{m+1}{2}\pi\right) r^{m+1}}{(m+1)!}. \end{aligned} \quad (9)$$

Очевидно, что в этом случае функциональные коэффициенты $\varphi_n(r)$ представимы в виде

$$\varphi_n(r) = \frac{2q_0}{\lambda (\sqrt{a})^n} \sum_{i=0}^{n+1} \beta_{n,i} R^{n-i+1} r^i. \quad (10)$$

Подстановка (10) в (9) приводит к выражению

$$\begin{aligned} \sum_{i=0}^{n+1} \beta_{n,i} R^{n-i+1} r^i = & \frac{1}{\pi} \sum_{m=0}^n \frac{\sin\left(\frac{\pi m}{2}\right)}{m!} \sum_{i=0}^{n-m+1} \beta_{n-m,i} \sum_{j=1}^{m-1} [(-1)^j - 1] \binom{m-1}{j} r^j \frac{R^{n-j+1}}{m+i-j} + \\ & + \frac{1}{\pi} \sum_{k=0}^n (2R)^{n-k} \frac{\sin\left(\frac{k+1}{2}\pi\right) r^{k+1}}{(k+1)!}, \end{aligned} \quad (11)$$

где использована формула

$$(t-r)^{m-1} \pm (t+r)^{m-1} = \sum_{j=1}^{m-1} [(-1)^j \pm 1] \binom{m-1}{j} r^j t^{m-1-j}$$

с биномиальными коэффициентами $\binom{m-1}{j}$.

Поменяв в (11) порядок суммирования и приравняв коэффициенты при одинаковых степенях $R^{n-j+1} r^j$, получим общую формулу для нахождения числовых коэффициентов $\beta_{n,j}$, $n=0,1,2,\dots$, $j=0,1,\dots,n+1$:

$$\beta_{n,j} = \frac{2^{n-j+1}}{\pi j!} \sin\left(j \frac{\pi}{2}\right) + \frac{1}{\pi} [(-1)^j - 1] \sum_{m=j+1}^n \frac{\sin\left(\frac{\pi m}{2}\right)}{m!} \binom{m-1}{j} \sum_{i=0}^{n-m+1} \frac{\beta_{n-m,i}}{m+i-j}. \quad (12)$$

Нетрудно заметить, что при $j > n-1$ формула для нахождения $\beta_{n,j}$ примет вид $\beta_{n,j} = \frac{2^{n-j+1}}{\pi j!} \sin\left(j \frac{\pi}{2}\right)$. Нетрудно также заметить, что при четных j коэффициенты $\beta_{n,j} \equiv 0$.

В заключение отметим, что организация нахождения функциональных коэффициентов $\varphi_n(r)$ по формулам (12), (10) не требует повторения рекуррентных вычислений для каждого нового значения переменной r .

Литература

1. Козлов В.П., Мандрик П.А. Системы интегральных и дифференциальных уравнений с L-параметром в задачах математической физики и методы идентификации тепловых характеристик / Под ред. Н. Н. Юрчука. М.: БГУ, 2000. 555с.
2. Вайтюк О.Н., Мандрик П.А. Аналитическое решение смешанных краевых задач для нестационарного уравнения теплопроводности // В сб.: Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях / Матер. V Респ. науч. конф. студентов и аспирантов. Гомель, 2002. С. 143.

**СОСТАВЛЕНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ КАРТ
(НАСЕЛЕНИЯ, ОБРАЗОВАНИЯ, ЗДРАВООХРАНЕНИЯ)
ДЛЯ ТРЕТЬЕГО ИЗДАНИЯ ШКОЛЬНО-КРАЕВЕДЧЕСКОГО
АТЛАСА БЕЛАРУСИ**

Л. В. Анисько

В преподавании географии карта занимает важное место. Это своеобразный язык географии, позволяющий полнее, точнее и нагляднее познать географические закономерности. Без понимания карты не может быть и речи о знании географии.

Большое значение для процесса обучения имеют атласы – систематические собрания карт. При этом если совокупность общегеографических и физико-географических карт должна дать ясное географическое представление о даваемых природой возможностях хозяйственного развития, то социально-экономические карты дают представление о реализации этих возможностей, о фактически достигнутом уровне развития, а также о возможных перспективах развития.

Проектирование – это первый этап создания карт. Он включает в себя разработку технических заданий, сбор, анализ и оценку картографических и литературных источников, выявление региональных особенностей, обоснование масштаба карты, ее проекции, координатных сеток, компоновки и, когда это необходимо, системы деления на листы.

Составление любой карты или атласа начинается с редакционно-подготовительных работ. Они включают в себя просмотр редактором картографических, литературных, энциклопедических и справочных материалов. Редактором или старшим редактором атласа разрабатывается общая программа и макет компоновки атласа. В программе даются конкретные указания по вопросам составления, оформления, издания, основанные на результате анализа изученных материалов и включающие в себя:

- общие положения (объем атласа, размеры, основные масштабы карт, компоновка);
- содержание атласа;
- типовые основы и перечень основных материалов для их составления и составления специального содержания карт и издания атласа.

К программе прилагаются:

- макет компоновки атласа;
- общие условные знаки атласа;
- дизайн-проект атласа.

Кроме общей программы атласа, на каждую карту разрабатываются редакционные указания по ее составлению. В них освещаются следующие вопросы:

- характеристика картографических и справочных материалов с указанием порядка и степени использования каждого из них;
- особенности содержания и составления карт. Редактор определяет способы картографирования, условные обозначения и шрифты, которые следует применять на данной карте для наиболее полного отображения характерных особенностей территории. Часть условных знаков и шрифтов, как правило, используется из общих знаков атласа, а некоторые знаки могут быть созданы только для данной карты. Редактор определяет, какие знаки должны быть внесены в легенду;
- принципы отбора всех элементов содержания и особенности изображения их на карте.

К редакционным указаниям может быть приложена схема использования картографических материалов [1, 3].

Путь к оптимальному определению элементов содержания идет через анализ картографируемой системы (в нашем случае социально-экономической) и отбор ее элементов, важных при заданном назначении карты. Это содержание может быть узким или широким по охвату элементов отображаемых территориальных систем (например, узкоотраслевой характеристикой промышленности или комплексным отображением промышленности в целом), аналитическим или синтетическим – по отображению картографируемых явлений (расселения, сельского хозяйства, общеэкономической характеристики территории и т. п.).

Особенности решения этого вопроса в социально-экономическом картографировании связаны с многочисленностью и сложностью структуры, большим числом количественных и качественных характеристик, функциональных и пространственных взаимосвязей и динамики в системных уровнях функционирования и т. д. Отсюда вытекает многообразие содержания социально-экономических карт, что связано с их функциональными различиями [4].

На картах учебного назначения содержание определяется объемом знаний, предусмотренных программами соответствующих курсов и дисциплин.

При картографировании населения, как правило, применяются два способа: картограмма (для сельского) и значковый (для городского). Значки дают как качественную, так и количественную характеристику: размером значка дается численность населения, а цветом – даты возникновения поселений. Для карт образования также используются способ картограммы, показывающий количество учащихся по районам, и значковый способ, где цветом даются специализации учебных заведений, а размером – численность учащихся в городах. При картографировании здравоохранения для показа количества коек на 10 000 жителей по районам применяется способ картограммы, а по городам, где есть здравотделы, – значковый способ. Для показа обеспеченности районов врачами и средним медицинским персоналом используется способ картодиаграммы.

Третий этап создания карт – это подготовка их к изданию. Он может осуществляться как с помощью традиционной (ручной) технологии, так и с помощью компьютеризированной технологии.

Главное преимущество компьютера состоит в том, что итог работы – цветоделенные позитивы (в четыре краски), готовые к печати тиража, т. е. исключается трудоемкий этап в техническом отделе по печати штриховых и красочных проб, изготовления массы промежуточных позитивов, копий, негативов, прежде чем получают диапозитивы для печати тиража. Кроме сокращения производственного цикла с большой долей ручного труда, компьютер позволяет значительно повысить графическое качество всех элементов карты, дает большие возможности использования шрифтов, символов и т. д. При многокрасочной печати на каждую новую печатную форму требуется определенное количество листов бумаги на «приладку», т. е. чтобы добиться совмещения по краскам, а четырех красочная печать позволяет передать огромное разнообразие цветов, значительно сокращая расход бумаги [2].

Создание географических атласов – труднейшая задача картографической науки и производства. Существенным условием его дальнейшего развития является внедрение в картографию новейших информационно-вычислительных средств, математических методов и автоматизации обработки данных и представления их в картографической форме.

Другое магистральное направление ускорения картографического обеспечения страны – использование материалов космических съемок. Это обеспечит базу для существенного обогащения содержания ряда социально-экономических карт.

И последнее – это создание автоматизированных банков данных (включая аэрокосмические), которые будут способствовать решению задач временной сопоставимости и обновления социально-экономических карт, а по ряду направлений дадут возможность наблюдать за развитием социально-экономических явлений: расселения, сельского хозяйства, транспорта и т. д. [2].

Литература

1. *Гараевская Л. С., Эдельштейн А. В.* Технология составления и оформления мелкомасштабных карт и атласов. М.: Недра, 1984. 368 с.
2. *Евтеев О. А.* Проектирование и составление социально-экономических карт. М.: Изд-во МГУ, 1999. 224 с.
3. *Салищев К. А.* Проектирование и составление карт. М.: Изд-во МГУ, 1987. 240 с.
4. Справочник по картографии / Под ред. Е.И. Калугина М.: Недра, 1988. 428 с.

ФУНКЦЫЯНАЛЬНАЕ ЗАПРАВАННЕ ТЭРЫТОРЫІ Ў МЭТАХ КОМПЛЕКСНАЙ ГЕАЭКАЛАГІЧНАЙ АЦЭНКІ

С. А. Герасімовіч

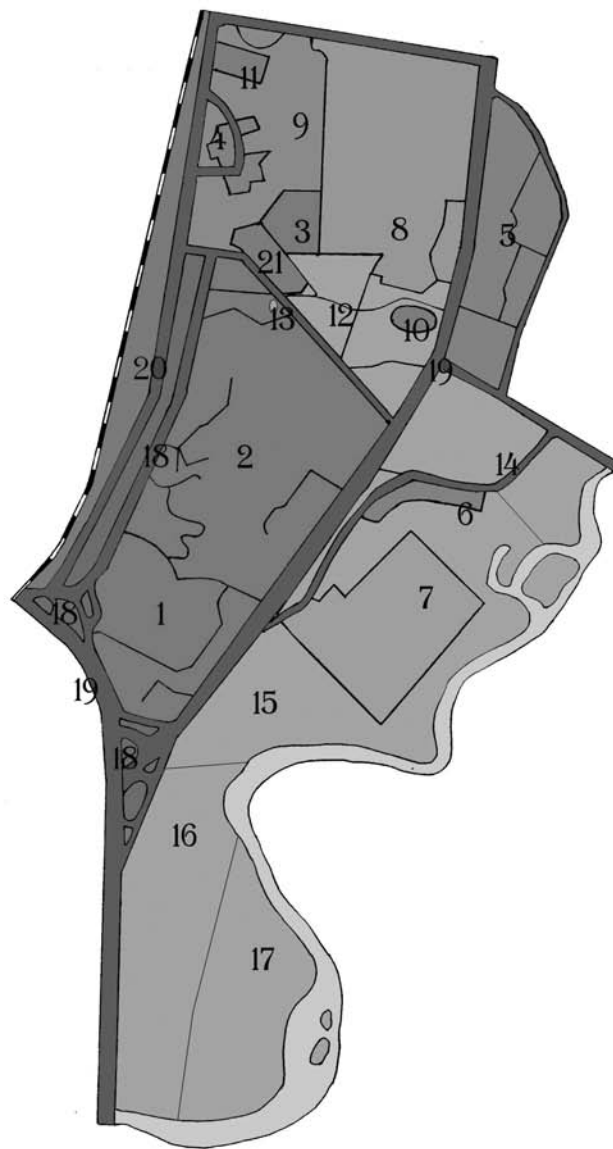
Пры геаэкалагічным аналізе і карціраванні вялікую ролю мае спосаб арганізацыі інфармацыі. Ацэньвацца могуць краявіды, адміністрацыйныя адзінкі, вадазборныя басейны. Пры геаэкалагічнай ацэнцы урбанізаваных тэрыторый найлепей выкарыстоўваць краявідава-функцыянальны спосаб арганізацыі інфармацыі. Пры гэтым трэба ўлічваць, што вядучую ролю ў гарадскіх геасістэмах займае антрапагенны фактар. Таму любую урбанізаваную тэрыторыю мэтазгодна дзяліць не на прыродныя комплексы, экасістэмы, урочышчы, а на геакомплексы – геатэхнічныя сістэмы, пры выдзяленні якіх улічваюцца асаблівасці выкарыстання, прыродныя і тэхнагенныя ўмовы тэрыторыі. У такім выпадку адзінкамі вышэйшага іерархічнага ўзроўню трэба лічыць функцыянальныя зоны. У практыцы праектна-планіровачных работ у г. Мінску выдзяляюць пяць асноўных відаў функцыянальных зон: краявідава-рэкрэацыйныя, грамадскага прызначэння, забудовы (сялібныя), вытворчыя і спецыяльнага прызначэння. На мой погляд, гэтая схема патрабуе ўдасканалення: вытворчую зону трэба аб'яднаць з транспартнай сеткай у адзіную прамыслова-транспартную зону.

У 2000 – 2001 гг. аўтар дадзенай працы праводзіў геаэкалагічныя даследаванні ў мікрараёне «Вяснянка» г. Мінска, у выніку якіх была складзена комплексная геаэкалагічная карта стану навакольнага

асяроддзя мікрараёна. У працэсе працы выкарыстоўваўся краявідава-функцыянальны спосаб арганізацыі інфармацыі, тэрыторыя мікрараёна была падзелена на 4 функцыянальныя зоны, якія, у сваю чаргу, дыферэнцыраваліся на 21 геакомплекс (гл. малюнак). У першую чаргу было выдзелена два рэкрэацыйныя геакомплексы – зоны адпачынку «Дразды» і «Вясёлкавая». Зона адпачынку «Дразды» згодна з краявідава-геамаарфалагічнымі асаблівасцямі была падзелена на чатыры ўчасткі – заходні, паўночна-ўсходні, паўднёва-ўсходні і цэнтральны. Асобным мікрагеакомплексам быў улічаны сквер «Вясёлкавы». Зона забудовы дыферэнцыруецца на зону ўласнай забудовы (адна-, двух-, радзей пяціпавярховая забудова, якая чаргуецца з уласнымі падсобнымі гаспадаркамі) і жылыя масівы (высотная шматкватэрная забудова). У мікрараёне «Вяснянка» былі выдзелены тры жылыя масівы і тры зоны ўласнай забудовы. Пераходны характар мае геакомплекс Акадэмаградка АФВС (зона грамадскага прызначэння), дзе высотная шматпавярховая забудова спалучаецца з элементамі рэкрэацыйнай зоны. Зыходзячы з памераў і ўплыву на навакольнае асяроддзе, геакомплексам з’яўляецца і спартыўная пляцоўка Дзіцяча-юнацкага цэнтра алімпійскага рэзерву па футболе. Своеасаблівымі геакомплексамі зоны грамадскага прызначэння з’яўляюцца могілкі і мемарыял ВАВ. Прамыслова-транспартная зона прадстаўлена ў мікрараёне «Вяснянка» сваёй транспартнай складаючай. Трэба адзначыць, што транспартныя геакомплексы адносяцца да ліку найбольш трансфармаваных антрапагенных геасістэм. Дзеля адлюстравання вялікага ўплыву транспарту на геаэкалагічную сітуацыю акрамя геакомплексу транспартных калідораў мэтазгодна ў якасці асобнага геакомплексу выдзеліць прыдарожную паласу, рэшткі якой будуць уваходзіць у іншыя геакомплексы, а ўчасткі, прымеркаваныя да найбольш ажыўленых транспартных развязак і скрыжаванняў, – утвараць асобны геакомплекс. Відавочнай з’яўляецца неабходнасць выдзялення таксама ў якасці асобнага геакомплексу зоны ўплыву чыгункі. У асобны геакомплекс магчыма выдзеліць і аўтастаянку.

Разгледжанае пытанне, безумоўна, прадстаўляе пэўную цікавасць для навукоўцаў, што займаюцца комплекснай геаэкалагічнай ацэнкай урбанізаваных тэрыторый. Геаэкалагічны аналіз на лакальным узроўні для г. Мінска праблема даволі новая, даследаванні ў гэтым накірунку знаходзяцца яшчэ толькі ў пачатковым стане. Тым большую актуальнасць мае пытанне прывядзення ў адпаведнасць з патрабаваннямі геаэкалагічнага аналізу існуючых схем функцыянальнага

заніравання тэрыторыі горада, што выкарыстоўваюцца ў горадабудаўніцтве, планіровачных работах. Для даследаванняў на лакальным ўзроўні важным з’яўляецца пытанне пабудовы іерархічнага радуа прыродна-антрапагенных урбагеасістэм. Выкарыстанне ў якасці класіфікацыйных адзінак функцыянальных зон і геакомплексаў дазваляе адлюстраваць як спецыфіку гарадскога асяроддзя, так і лакальны характар, маштаб даследаванняў.



Мал. Функцыянальныя зоны і геакомплексы мікрараёна «Вяснянка»

Функцыянальныя зоны:

I. Жылой забудовы, дзеліцца на геакомплексы:

1 – жылы масіў «Вяснянка-I» на хвалістай моцна трансфармаванай раўніне з рэшткамі марэнных і камавых узгоркаў на урбаземах, радзей – на дзярнова-падзолістых супясчаных глебах;

2 – жылы масіў «Вяснянка-II» з перафармаванымі ўзгоркава-марэнна-эразійнымі краявідамі на урбаземах, меліяраваных дзярнова-глеєва-падзолістых і дзярнова-падзолістых глебах;

3 – жылы комплекс «Алімпійскі» са спланаванымі ўзгоркава-марэнна-эразійнымі краявідамі на урбаземах, дзярнова-падзолістых глебах;

4 – зона ўласнай забудовы «Глінішча» са змененымі ўзгоркава-марэнна-эразійнымі краявідамі на дзярнова-падзолістых, дзярнова-палева-падзолістых сугліністых і супясчаных глебах;

5 – зона ўласнай забудовы «Піянерскі пасёлак» на хвалістай водна-ледавіковай раўніне з астанцамі озаў на дзярнова-падзолістых супясчаных, пясчаных глебах, месцамі часова празмерна ўвільготненых;

6 – зона ўласнай забудовы «Крупцы» са згладжанымі марэннымі і водна-ледавіковымі краявідамі на дзярнова-падзолістых, дзярнова-палева-падзолістых сугліністых і супясчаных глебах, месцамі часова празмерна ўвільготненых;

II. Грамадскага прызначэння, падзяляецца на геакомплексы:

7 – спартыўная пляцоўка Дзіцяча-юнацкага цэнтра алімпійскага рэзерву па футболу на згладжанай водна-ледавіковай раўніне са штучным газонам на меліяраваных дзярнова-падзолістых супясчаных, пясчаных, тарфяна-балотных глебах, перакрытых магутным слоём урбаземаў;

8 – Акадэмагарадок Акадэміі фізічнага выхавання і спорту са спланаванымі ўзгоркава-марэнна-эразійнымі краявідамі на урбаземах, дзярнова-падзолістых глебах;

9 – зона грамадскага прызначэння «Глінішча» з узгоркава-марэнна-эразійнымі краявідамі на дзярнова-падзолістых, дзярнова-палева-падзолістых сугліністых і супясчаных глебах;

10 – могілкі на астанцовым марэнным узгорку пад рэліктавым хваёвым лесам на дзярнова-падзолістых сугліністых глебах;

11 – мемарыял Вялікай Айчыннай вайны з узгоркава-марэнна-эразійнымі краявідамі пад рэліктавым хваёвым лесам на дзярнова-падзолістых глебах, урбаземах;

III. Краявідава-рэкрэацыйная, дзеліцца на геакомплексы:

12 – рэкрэацыйная зона «Вясёлкавая» на палогай водна-ледавіковай раўніне з шырокалістай паркавай расліннасцю на меліяраваных тарфяна-балотных глебах, перакрытых магутным слоём урбаземаў;

13 – сквер «Вясёлкавы» на марэнным узгорку з шырокалістым лесам на дзярнова-палева-падзолістых сугліністых і супясчаных глебах;

14 – рэкрэацыйная зона «Дразды» з узгоркава-марэнна-эразійнымі краявідамі на дзярнова-падзолістых, дзярнова-палева-падзолістых сугліністых і супясчаных глебах;

15 – рэкрэацыйная зона «Дразды» з краявідамі плоскай флювіягляцыяльнай раўніны на дзярнова-падзолістых супясчаных, пясчаных глебах, месцамі часова празмерна ўвільготненых, тарфяна-балотных;

16 – рэкрэацыйная зона «Дрозды» с краявідамі хвалістай раўніны з марэннымі і камавымі ўзгоркамі на дзярнова-падзолістых супясчаных глебах, месцамі часова празмерна ўвільготненых;

17 – рэкрэацыйная зона «Дразды» з краявідамі плоскай поймы на пойменных меліяраваных дзярнова-глеєвых і тарфяна-балотных глебах;

IV. Прамыслова-транспартная, уключае геакомплексы:

18 – прыдарожная паласа;

19 – транспартныя калідоры;

20 – зона ўплыву чыгункі;

21 – аўтамабільная стаянка.

ОСОБЕННОСТИ ЭКИСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СЕЛЬСКОГО НАСЕЛЕНИЯ ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ (НА ПРИМЕРЕ ГЛУБОКСКОГО РАЙОНА)

Т. В. Дмитриева

В Республике Беларусь в конце XX в. отмечены неблагоприятные тенденции в экистических процессах: резкое сокращение численности сельского населения, уменьшение количества населенных пунктов, снижение средней людности, разуплотнение. В работе рассмотрены особенности, причины и последствия территориальных различий сельских поселений Витебской области в целом и на микро-уровне на примере Глубокского района.

Цель данной работы – дать экономико-географическую характеристику процессам сельского населения Витебской области (на примере Глубокского района).

Основные задачи:

- выявление причин и факторов сельского расселения;
- характеристика расселения сельского населения Глубокского района на основе динамики плотности населения и людности населенных пунктов, составление карт по плотности и по разуплотнению сельского населения за период 1989–1999 гг.;
- экономико-географическое зонирование Глубокского района по характеру расселения с последующим составлением карт людности сельсоветов.

В работе использованы методы экономико-географического изучения населения и процессов расселения [1].

Сельское расселение и его специфика зависит от многих факторов. Характер производства определяет людность сельских населенных пунктов, их функциональный профиль, усложняет его и насыщает его новыми видами деятельности. Природная среда выступает как необходимое естественное условие существования людей, создавая лучшие или худшие возможности для жизнедеятельности человека в различных районах и предоставляет для его хозяйственной деятельности те или иные ресурсы. Пересеченность местности рельефа, множество озер, рек, заболоченность, лесистость обусловили мелкоконтурность сельхозугодий, что вызвало на территории многих районов, в первую очередь Поозерья, формирование большого количества мелких и мельчайших населенных пунктов. Особенности формы расселения формируются в полесской зоне. Природные условия выявляются в планировке населенных пунктов, их внешнем виде. При необходи-

мости можно приспособиться и к худшим условиям, но для этого потребуются дополнительные затраты материальных средств и труда. Для Глубокского района характерно мелкоселенное расселение, обусловленное мелкоконтурностью сельскохозяйственных угодий и исторически сложившейся хуторской системой расселения.

По преимущественному развитию одного из видов хозяйственной деятельности района выделены функциональные зоны.

К зоне преимущественного градостроительства относится г. Глубокое и прилегающие к нему территории в западном и восточном направлениях, гп. Подсвилье и д. Прозороки. В зону входят земли Обрубского, Озерецкого, Коробовского и частично Прозорокского, Подсвильского и Голубичского сельсоветов.

Зона преимущественного развития сельского хозяйства занимает преобладающую часть территории района. Наибольшей степенью освоения и распаханности характеризуется западная часть района (Уделовский, Узречский, Залесский сельсоветы).

Зона развития лесного хозяйства состоит в основном из территории гослесфонда. Площадь этой зоны составляет 29 % от территории района. Наибольшие лесные массивы расположены в юго-восточной и северо-западных частях района (Залесский, Псуевский, Голубичский и частично Узречский, Уделовский сельсоветы).

Зона преимущественного развития рекреации представлена зоной отдыха местного значения «Подсвилье» (Подсвильский поселковый совет).

Зона охраняемых ландшафтов включает наиболее ценные объекты района – озерные заказники «Белое» и «Долгое», болотный заказник «Голубичская пуца», ботанический заказник «Мычирино», резерват гидролизного сырья «Глубокое», речной заказник «Сервечь» и охраняемое верховое болото «Бычковское». Эти объекты расположены на территории практически всех сельсоветов.

Подход функционального зонирования обеспечивает оптимальный режим использования каждого участка территории, соблюдение требований охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов.

В характере расселения района были выявлены следующие тенденции:

- с 1959 по 1999 гг. численность сельского населения сократилась на 35 038 человек, или 56 % [2]. В период с 1959 по 1979 гг. потери обусловлены миграционными процессами, а с 1979 по 1999 гг. естественной убылью;

- во всех сельсоветах Глубокского района отмечен процесс разуплотнения. За период 1959–1999 гг. сельское население разуплотнилось на 56 %;

- с 1959 по 1999 гг. с учета было снято 282 населенных пункта, что связано с большим количеством мелких и мельчайших деревень и значительным сокращением сельского населения в них;

- средняя людность поселений сокращалась на 26 %. С 1979 по 1999 гг. в некоторых сельсоветах отмечено увеличение людности, что связано с тем, что процесс сокращения населенных пунктов проходил быстрее уменьшения населения.

Все эти негативные явления обусловлены демографической ситуацией как в республике, так и в районе.

С целью выявления региональных различий на микроуровне были рассчитаны потери населения Глубокского района в разрезе сельских советов.

Исходя из выявленных особенностей демографического развития, все сельские советы за период с 1989 по 1999 гг. были разделены на следующие группы:

- сельсоветы с минимальными потерями, менее 10 % (Ломашевский сельсовет);

- сельсоветы с потерями ниже средних, 5–10 % (Залесский, Озерецкий, Узречский сельсоветы);

- сельсоветы со средними потерями, 10–15 % (Обрубский, Плиский, Псуевский, Прозорокский, Уделовский сельсоветы);

- сельсоветы с потерями выше средних, 15–20 % (Подсвильский, Голубичский, Коробовский сельсоветы);

- сельсоветы с высокими потерями, более 20 % (Зябковский сельсовет).

Как было сказано выше, демографическая трансформация выразилась в изменениях процесса размещения. В результате анализа показателей плотности населения сельсоветы были сгруппированы в следующие группы:

с разуплотнением за период 1989–1999 г.

- ниже среднего, менее 10 % (Залесский, Ломашевский сельсоветы);

- средним, 10–15 % (Коробовский, Обрубский, Озерецкий, Плиский, Прозорокский, Уделовский сельсоветы);

- выше среднего, 15–20 % (Подсвильский, Голубичский, Узречский сельсоветы);

- высоким, более 20 % (Зябковский, Псуевский сельсоветы).

• Рассмотрев экистические особенности, связанные с изменением количества сельских населенных пунктов, сельсоветы района за период 1989–1999 гг. были распределены следующим образом:

- с минимальными потерями числа населенных пунктов, 0–5 % (Голубичский, Залесский, Уделовский, Узречский сельсоветы);

- с потерями числа населенных пунктов ниже среднего, 5–10 % (Подсвильский, Коробовский сельсоветы);

- со средними потерями числа населенных пунктов, 10–15 % (Зябковский, Озерецкий, Псуевский сельсоветы);

- с потерями числа населенных пунктов выше среднего, 15–20 % (Плиссский сельсовет);

- с высокими потерями числа населенных пунктов, 20–25 % (Ломашевский, Прозорокский сельсоветы);

- с чрезмерно высокими потерями числа населенных пунктов, более 25 % (Обрубский сельсовет).

С потерей большого числа населенных пунктов в Глубокском районе произошло соответствующее уменьшение средней людности. Анализ, проведенный на микроуровне, позволил сгруппировать сельские советы по характеру изменений людности. Этот процесс носит разнонаправленный характер. Часть сельских советов увеличила свою людность. За период 1989–1999 гг. прибыль в средней людности до 10 % отмечена в Озерецком, Плисском, Прозорокском сельсоветах; 10–25 % – в Обрубском сельсовете; более 25 % – в Ломашевском сельсовете. Но преобладающую группу в данный период составили сельсоветы с убылью в средней людности. Уменьшение средней людности до 10 % зафиксировано в Залесском, Коробокском, Псуевском, Узречском сельсоветах; 10–25 % – в Голубичском, Зябковском и Уделовском сельсоветах; более 25 % – в Подсвильском сельсовете.

Итогом работы стало составление типологии сельских советов по характеру расселения. Первая группа сельских советов с относительно благоприятным характером расселения (потери населения не более 10 %, разуплотнение до 10 %, потери числа населенных пунктов до 5 %, прибыль в средней людности). В нее входят два сельсовета: Ломашевский и Залесский. Эти сельсоветы за исследуемый период претерпели минимальные изменения в численности сельского населения и плотности, что связано с достаточно хорошим уровнем развития социально-бытовых условий. Эти сельсоветы должны стать объектами первоочередного изучения государством, как наиболее благоприятные с точки зрения демографических процессов.

Во вторую группу входят сельсоветы с нарушенным характером расселения:

- подгруппа со средними нарушениями в характере расселения (потери населения 10–15 %, разуплотнение 10–15 %, потери числа населенных пунктов 5–15 %, уменьшение средней людности до 10 %) включает в себя Озерецкий, Коробовский, Прозорокский, Обрубский, Узречский, Псуевский и Уделовский сельсоветы.

- подгруппа со значительными нарушениями (потери населения 15–20 %, разуплотнение 15–20 %, потери числа населенных пунктов 15–25 %, уменьшение средней людности до 25 %) состоит из Подсвильского и Псуевского сельсоветов.

Третью группу с чрезвычайными нарушениями (потери населения более 20 %, разуплотнение более 20 %, потери числа населенных пунктов более 25 %, уменьшение средней людности более 25 %) в характере расселения составляют Зябковский и Голубичский сельсоветы. Эти сельсоветы отмечаются наиболее высокими потерями населения, высокой степенью разуплотнения, значительной убылью средней людности и требуют незамедлительного вмешательства со стороны государства, разработки и исполнения мер демографической политики.

Литература

1. Манак Б. А. Методика экономико-географических исследований: Учеб. пособие. Мн.: Университетское, 1985. 157 с.
2. Население Республики Беларусь. Итоги переписи населения Республики Беларусь 1999 г. Стат. сб. Мн., 2000. 196 с.

КУЛЬТУРНО-ИСТОРИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ МИНСКОЙ ОБЛАСТИ И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ВНУТРЕННЕГО ТУРИЗМА

Т. Н. Ильина

Согласно Закону Республики Беларусь «Об охране историко-культурного наследия» от 13 ноября 1992 г. «историко-культурные ценности – это наиболее выдающиеся материальные объекты и нематериальные проявления человеческого творчества, которые имеют духовную, эстетическую и документальную ценность и взяты под охрану государства» [3]. К ним относятся памятники истории, археологии, искусства (монументального, декоративно-прикладного и др.), архитектуры. Эти памятники являются основой для разработки экскурсий.

На территории Минской области выделен 371 экскурсионный объект, что составляет 20,8 % от общего потенциала республики. В структуре экскурсионных объектов наибольший удельный вес имеют памятники истории (63 %). На втором месте стоят памятники архитектуры – 16 %. Памятники природы составляют – 9,5 % и 8 % – памятники археологии.

Памятники природы сконцентрированы на северо-западе Минской области (Мядельский район), юго-западе (Несвижский, Клецкий районы) и к западу от Минска.

Значительное количество природных объектов в Мядельском районе связано с хорошей изученностью этой территории как места отдыха на нарочанских озерах.

Преобладающее количество природных объектов юго-запада области представлено усадебными парками и эталонными лесонасаждениями. Большое количество усадеб объясняется тем, что эти земли входили во владения рода Радзивиллов, центром которого был Несвиж. Владельцы стремились заполнить недостаток естественных лесов искусственными лесопосадками, которые и сегодня имеют научную и эстетическую ценность.

Наибольшей плотностью исторических и архитектурных памятников характеризуются западные районы Минской области. Это обстоятельство объясняется, во-первых, тем, что западная часть области до 1939 г. входила в состав Польши и не испытала борьбы с религией и разрушения памятников в той мере, что территория Советской Беларуси, а во-вторых, тем, что западные районы – это исторический центр республики (Несвиж, Заславль). Что же касается восточной части области, то она исторически была провинциальной и имела очень мало каменных архитектурных построек, а деревянные либо сгорели, либо были разобраны в советское время [1].

Самая большая плотность культурно-исторических памятников отмечается в Минском, Молодечненском, Воложинском, Мядельском и Несвижском районах. Через эти районы проходят трассы Минск–Вильнюс, Минск–Гродно, Минск–Брест, а на территории Мядельского района находится национальный парк «Нарочанский», являющийся самым крупным местом отдыха в Беларуси. Все это благоприятствует созданию в них крупных туристских центров. Однако для развития внутреннего туризма одного культурно-исторического потенциала недостаточно. Существует ряд проблем, которые сдерживают развитие туризма в области, как и во всей республике. В первую оче-

редь это недостаток туристской инфраструктуры, низкий уровень обслуживания туристов, отсутствие развитого автосервиса и недоразвитость дорожной сети. Кроме того, роль сдерживающего фактора играют отсутствие сувенирной и полиграфической продукции, трудности пересечения границы Беларуси с Западом и дороговизна туристских услуг для иностранных туристов, которые зачастую оплачивают не повышенное качество услуг, а именно то, что они являются зарубежными туристами. Первоочередной задачей сегодня является разработка и реализация комплексной программы по развитию туризма в Минской области, так как посещение иностранными туристами Беларуси, как правило, включает знакомство с ее столицей – Минском и таким образом – нахождение в Минской области.

Положительным моментом в этом направлении стало принятие в 2000 г. Белорусской национальной программы развития туризма, созданной на основе областных программ.

Во въездном туризме главную роль для Минской области будут играть познавательный, этнический, транзитный и событийный туризм.

Познавательный туризм основан на памятниках истории и культуры. Сегодня используется менее 10 % всех культурно-исторических памятников. Во второй половине XX в. был создан образ Беларуси-партизанки, и это отрицательно сказалось на объектах, отражающих другие моменты истории страны, привело к их забвению и заброшенности. Многие объекты требуют реставрации и благоустройства прилегающих территорий.

Этнический туризм ориентируется на посещение республики уроженцами Минской области и их потомками, которые в настоящее время проживают за рубежом. Это белорусская диаспора, эмигранты-евреи, бывшие владельцы усадеб области. Объектами «ностальгического» туризма для евреев могут быть старые еврейские кладбища, духовная академия в Воложине, старые синагоги (в Борисове, Клецке и др.). Смиловичи (Червенский район) могут отразить историю белорусских татар. Здесь построена татарской диаспорой новая мечеть, имеется старое кладбище. Очень актуальным является создание музея истории белорусских татар.

Актуальным направлением может стать возрождение старых дворянских усадеб как культурных гнезд Беларуси.

Транзитный туризм связан с прохождением по территории области трассы Брест–Минск–Москва. Строительство около этой трассы

отелей и предприятий питания, проведение рекламы культурно-исторических памятников даст возможность «задержать» транзитных туристов в Минской области.

Событийный туризм связан с празднованием юбилейных дат известных личностей и событий, фестивалями, конкурсами. При этом основной проблемой остается отсутствие отелей и сферы туристских услуг в местах проведения мероприятий.

На основе этих рекомендаций можно предложить следующие экскурсионные маршруты:

1) по местам Реформации в Великом Княжестве Литовском с посещением деревни Кухтичи, Несвижа, деревни Деревная Столбцовского района, Заславля и деревни Лоск Воложинского района;

2) по католическим храмам области с посещением Воложина, Молодечно, Вилейки, Мяделя, деревни Будслав (Мядельского района);

3) в Раков и его окрестности, где сконцентрировано много памятников природы, истории и архитектуры;

4) по страницам жизни известных белорусских писателей и поэтов с посещением Пильковщины, Николаевщины, Тимкович, Беларуч.

Очень актуально для области такое направление, как костюмированные туры. Их можно проводить в форме карнавала или бала (например, в Несвиже). Это позволит туристам стать активными участниками действия программы.

Литература

1. *Гайдукевич Л. М.* Туризм в Беларуси. Учебное пособие. Мн.: БГУ, 2001. 133 с.
2. *Мироненко Н. С., Твердохлебов И. Т.* Рекреационная география. М.: Изд-во Московского ун-та, 1981. 207 с.
3. *Пирожник И. И.* Основы географии туризма и экскурсионного обслуживания. Учеб. пособие. Мн.: Университетское, 1985. 253 с.

ЭКОНОМИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТОВАРООБОРОТА БЕЛАРУСИ И РОССИИ

С. Г. Иотко

Для развития экономической реинтеграции двух государств на принципиально новой рыночной основе важное значение имеет определение приоритетных направлений экономического сотрудничества регионов России и Беларуси. Представляется целесообразным дать экономико-географическую оценку межрегионального экономического взаимодействия на основе системы показателей, адекватно отражающей, прежде всего, внешнеэкономические связи регионов. В оп-

ределенной мере этим критериям соответствует система следующих показателей: объем внешнеторгового оборота; товарная структура экспортно-импортных операций; территориально-географическая структура взаимного внешнеторгового оборота.

Анализ взаимного торгового оборота Беларуси и России (табл. 1) позволяет сделать следующие выводы. Для белорусско-российской торговли важное значение имеет взаимный курс белорусской и российской валюты. Здесь действует та же закономерность, что и в мировой практике. Чем ниже реальный курс белорусского рубля к российскому, тем выгоднее белорусским предприятиям экспортировать товары в Россию, и наоборот.

Поскольку Российская Федерация и дальше будет оставаться основным торговым партнером Республики Беларусь, особую актуальность приобретает завершение работы и скорейшее внедрение в жизнь действенных механизмов по свободной взаимной конвертации национальных валют двух государств и поддержанию их покупательной способности. В ходе формирования единого экономического пространства осуществляется валютная интеграция на основе введения единой денежной единицы.

Товарная структура экспортно-импортных операций между Республикой Беларусь и Российской Федерацией существенно не меняется на протяжении длительного периода времени: экспорт из Беларуси оборудования, механических устройств, транспортных средств и иной готовой продукции, с одной стороны, и импорт в республику минерального сырья и топлива, с другой.

Таблица 1

Взаимная торговля Беларуси и России, млн долларов США

[1, с. 489; 2, с. 492]

Показатели	1991*	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Взаимный товарооборот	31,814	5 150	6 546	9 453	9 278	6 997	9 266
Экспорт из Беларуси в Россию	17,733	2 185	3 024	4 780	4 608	3 236	3 716
Импорт из России в Беларусь	14,081	2 965	3 522	4 673	4 670	3 761	5 550

*В миллионах рублей

Таблица 2

Территориальная дифференциация товарооборота Беларуси с регионами России в 2000 г. [3, с. 37-5]

Регионы-лидеры	Доля в товарообороте с РБ, %	Место в товарообороте с РБ
Москва с Московской областью	38,5	1
Тюменская область	24,9	2
Санкт-Петербург	4,8	3
Ярославская область	2,3	4
Смоленская область	2,3	4
Брянская область	1,2	5
Челябинская область	1	6
Калининградская область	1	6
Нижегородская область	1	7

Из 79 субъектов РФ, с которыми Беларусь осуществляет торговлю, лишь с 10 регионами экономические связи имеют более или менее регулярную основу (табл. 2). Удельный вес экспортно-импортных операций с другими субъектами Федерации не превышает 1 % от общего объема торговли и носит, как правило, эпизодический характер.

В рыночных условиях хозяйствования территориальные зоны интересов РБ и ее областей в экономическом сотрудничестве с регионами России формируются под воздействием большого числа факторов. Среди наиболее значимых можно выделить следующие.

1. Для ресурсодефицитной экономики Беларуси основной экономический интерес представляют поставки сырьевых и топливно-энергетических ресурсов. В связи с этим в числе ведущего фактора, определяющих выбор приоритетных территорий для экономического сотрудничества, выступает наличие в регионе энергоресурсов, сырья и его экспортные возможности.

2. Вторым по значению на современном этапе развития межрегиональных связей выступает сбытовой фактор. Производственные возможности предприятий белорусской промышленности, основная часть которой создавалась в период существования СССР, намного шире рамок национальных границ. Ориентация на сохранение крупных производственных мощностей еще в течение длительного периода времени будет свойственна экономике республики. Это предопределяет огромную заинтересованность Беларуси в емком российском рынке, на котором белорусская продукция пока конкурентоспособна.

В рыночных условиях хозяйствования сбытовой фактор должен дополняться фактором высокой платежеспособности регионов-партнеров в России.

3. В выборе приоритетных регионов для развития экономического сотрудничества немаловажную роль играет фактор их территориальной близости. Единство природно-ресурсного и социально-демографического потенциалов, экономия на транспортных издержках предопределяет рациональность экономического взаимодействия между территориально-административными единицами и национально-государственными образованиями сопредельных стран.

Развитие рыночных структур и новое геополитическое положение регионов белорусско-российского пограничья привело к некоторому ослаблению промышленного развития и ориентации их на выполнение посреднических функций [4, с. 143]. Это определяет перспективные области трансграничного сотрудничества, к которым могут быть отнесены торговля и сфера услуг. Белорусско-российские приграничные связи имеют благоприятные условия развития и в такой нетрадиционной для этого вида сотрудничества области, как агропромышленный комплекс и его перерабатывающая отрасль.

4. Экономическое сотрудничество Беларуси с Россией осуществляется не только в форме взаимных поставок топливно-энергетических ресурсов и промышленной продукции. Оно характеризуется также наличием тесных, экономически выгодных производственно-технологических связей. Поэтому заметную роль в выборе направлений и территориальных контуров экономического сотрудничества играет производственный фактор.

5. В развитии внешнеэкономических связей повышенный интерес представляют регионы с более благоприятным инвестиционным климатом, где местные администрации проявляют инициативу в создании перспективных и прибыльных проектов межрегионального сотрудничества.

6. Для более обоснованного выбора приоритетов в установлении между регионами эффективных торгово-экономических отношений вышеперечисленные критерии должны быть дополнены критерием обеспеченности потенциального региона-партнера всеми видами транспортной инфраструктуры, как условие доступности и возможности быстрой поставки товаров и услуг.

Таким образом, резервы расширения торгово-экономических отношений России и Беларуси в условиях перехода к рыночной системе хозяйствования лежат в региональной плоскости. Именно экономическое сотрудничество на уровне регионов двух стран может стать локомотивом экономической реинтеграции в целом.

Литература

1. Статистический ежегодник РБ, 1999 / Министерство статистики и анализа РБ. Мн., 1999. 610 с.
2. Статистический ежегодник РБ, 2001 / Министерство статистики и анализа РБ. Мн., 2001. 606 с.
3. Внешняя торговля РБ, 1995–2000: Стат. сб. / Министерство статистики и анализа РБ. Мн., 2001. 374 с.
4. *Вертинская Т. С.* Регионы в международных экономических отношениях. Мн., Право и экономика, 2000. 192 с.

МИНСКИЙ СТОЛИЧНЫЙ РЕГИОН КАК СПЕЦИФИЧНАЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

Т. Г. Иотко

Для Республики Беларусь на данном этапе развития характерен переход от точечного роста городов к формированию пространственных форм расселения, представляющих собой взаимосвязанную систему населенных мест и территорий, взаимодействующих в суточном цикле жизнедеятельности. Трансформация функционально-пространственной организации опорных центров, переход от компактного к рассредоточенному типу расселения позволяет снизить антропогенную нагрузку в пределах современных городских границ. Данные тенденции четко прослеживаются для города Минска–столицы республики.

Областные центры и большие города республики пополняют свое население в основном за счет внутриобластной миграции. Столица же привлекает жителей всех районов республики. За счет сел Минской области столица обеспечивает лишь 46 % общего объема своего миграционного сальдо. Повышенный процент межобластной миграции объясняется в значительной мере тем, что Минск является общерегиональным центром подготовки высококвалифицированных кадров для всех отраслей народного хозяйства. Однако даже то население, которое прибывает в столицу из Минской области, включает в себя многочисленных переселенцев из других областей.

В связи с тем, что окружение Минска является «пересадочным пунктом» на путях миграции в столицу, оно постоянно пополняется активным населением. Особенно высок миграционный обмен Минска с пригородной зоной. За последние 30 лет миграционный оборот этой зоны превысил общую численность ее населения.

Такое перераспределение населения относительно Минска создает благоприятные условия для концентрации промышленности в пригороде, что способствует преобразованию и территориальному расслоению промышленного комплекса столицы.

Интенсивность миграционного оборота в окружении Минска на 15 % выше среднереспубликанского уровня, в то время как, например, в Полесье не достигает 90 %. Суммарная подвижность сельского населения в пригородном сообщении вблизи Минска превышает 700 пассажиро-километров на жителя, а в Полесье не достигает 300.

Перераспределение населения между Минском и его окружением имеет обоюдный характер. Чем больше вовлекается окружение в процесс развития центра, тем выше его роль в этом обмене. Для Минска, например, характерен опережающий рост центробежной маятниковой миграции. В 1976 г. за городом работало 5,5 тыс. минчан, или 30 % центростремительного потока, к 1981 г. их доля возросла до 47 % и к 2001 г. составила 51 %, или 18 тыс. чел.

Ориентируясь на отмеченные процессы, следовало бы в столичный регион включить вместе с Минском и так называемые «буферные» города. Они призваны ограничивать приток населения в центр, располагаясь вокруг столицы на основных направлениях миграционных потоков. В качестве таких регуляторов Минска формируются четыре города: Борисов, Марьина Горка, Молодечно и Столбцы [1].

Свыше 60 тыс. чел. ежегодно посещает Минск. Из них около 40 тыс. приезжает с трудовыми целями, а 25 тыс. – специально для посещения учреждений здравоохранения, торговли и бытового обслуживания.

Из-за высокой «поглощающей способности» Минска маятниковая миграция интенсивно переходит в безвозвратную. Численность маятниковых мигрантов, занятых в народном хозяйстве столицы, не растет уже в течение 15–20 лет. Она стабилизировалась на уровне 35–40 тыс. чел. [2].

В настоящее время в окружении г. Минска объективно выделяются следующие структурные зоны.

Большой Минск – зона наиболее интенсивного тяготения к Минску. Границы зоны соответствуют изохроне часовой доступности. Количество поездок в город-центр Минск на одного жителя зоны в год свыше 20.

Собственно Минская агломерация – зона активного тяготения к Минску. Границы зоны соответствуют изохроне 1,5-часовой до-

ступности. Количество поездок в город-центр на одного жителя зоны в год свыше 10.

Минский столичный регион – зона устойчивого тяготения к Минску. Границы зоны соответствуют изохроне 2-часовой доступности. Количество поездок в город-центр на одного жителя зоны в год свыше 1.

Границы Большого Минска включают территории г. Минска, трех административных районов Минской области – Минского (полностью), Дзержинского (частично) и Смолевичского (частично). В пределах Большого Минска также размещаются: город областного подчинения Заславль; научные центры Сосны и Самохваловичи; медицинский центр Лесное (Боровляны); центры массового загородного отдыха населения – Ратомка, Острошицкий городок; центры коммунально-бытового обслуживания – поселки: Колодищи, Гатово, Михановичи, Колядичи; Фаниполь, национальный аэропорт «Минск» и его жилой поселок Сокол.

Границы Минской агломерации включают территории Большого Минска и восьми административных районов Минской области – Смолевичского (полностью), Дзержинского (полностью), Пуховичского (частично), Узденского (частично), Воложинского (частично), Молодечненского (частично) и Логойского (частично). Кроме городских поселений, формирующих структуру Большого Минска, здесь располагаются города областного подчинения Жодино и Дзержинск, г. Смолевичи, поселки городского типа – Радошковичи, Логойск; Зеленый Бор, Смиловичи, Свислочь, Руденск, Негорелое, рабочий поселок Правдинский.

Границы Минского столичного региона включают территории г. Минска и двенадцати административных районов Минской области – Минского, Воложинского, Молодечненского, Вилейского, Логойского, Смолевичского, Борисовского, Дзержинского, Пуховичского, Столбцовского, Узденского и Червенского. Кроме городских поселений, формирующих структуру Минской агломерации, здесь размещаются города областного подчинения Молодечно и Борисов, города Вилейка, Воложин, Столбцы, Узда, Марьина Горка, Червень, поселки городского типа Ивенец и Плещеницы [3].

Различия в очертаниях границ структурных зон Минского столичного региона позволяют заключить, что интенсивность миграционных потоков менялась по направлениям в той же последовательности, в которой вокруг Минска получали развитие так называемые «буферные» города. Иными словами, перераспределение населения, а

значит, и основные миграционные предпосылки к агломерированию сопряжены с формированием центров в окружении Минска.

«Буферные» города, как и ожидалось, перехватывают потоки, устремленные к столице, фокусируют их и становятся самостоятельными центрами развития. Формирование новых центров создает условия для общего повышения миграционной подвижности населения. Поэтому потоки мигрантов в зону возможного развития Минской агломерации и в столицу не сокращаются, а возрастают. Вместе с тем возникает и другой эффект: зона влияния Минска частично перераспределяется между новыми центрами, и территория возможного развития агломерации сокращается. Так, граница зоны современного влияния столицы на Московском направлении благодаря воздействию Борисова и Жодино в настоящее время почти вдвое ближе к Минску, чем в направлении Бреста, где воздействие центра – Столбцы – пока еще не столь значительно.

Ориентируясь на этот эффект, нетрудно представить себе, как будет сокращаться территория возможного развития Минской агломерации по мере дальнейшего расширения сети центров. Расширение сети центров представляет собой стратегию развития столицы, альтернативную по отношению к агломерации: столичный регион образуется не за счет присоединения к Минску прилегающего района, а путем включения в его систему ряда центров, определенным образом размещенных относительно столицы и представляющих вместе с ней важнейшую часть опорного каркаса расселения всей республики. Развитие системы центров нуждается в специальном управлении территориальным расслоением производства, в формировании и развитии территориально-хозяйственного комплекса Минска, нацеленного не столько на текущие интересы производства, сколько на ускорение научно-технического прогресса в народном хозяйстве всей республики.

Литература

1. Государственная схема комплексной территориальной организации Республики Беларусь: основные положения. Мн.: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2001. 70 с.
2. Козлов Г.С., Хасдан И.Г. Формирование и развитие Минского столичного региона // Экономико-географические проблемы столичных регионов. Новосибирск, 1987. С. 101–115.
3. Концепция развития Минской агломерации: Отчет о НИР / Мингорисполком, Комитет архитектуры, градостроительства и землеустройства, государственное предприятие «Минскградо». Мн., 1997. 99 с.

РАСЧЛЕНЕНИЕ И КОРРЕЛЯЦИЯ ВЕНДСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БЕЛАРУСИ

С. А. Исаенко

Вендские образования широко распространены на севере Беларуси, где они охватывают Оршанскую впадину и северный склон Белорусской антеклизы – Вилейский погребенный выступ. Общая их мощность составляет от 250 м на крайнем северо-западе до 500 м на территории Оршанской впадины.

Согласно современным представлениям в составе вендской системы выделяются два отдела – нижний (вильчанская и волынская серии) и верхний (валдайская серия). Вильчанская серия представлена красноцветными терригенными породами, генезис которых, по мнению ряда исследователей, имеет ледниковое и водно-ледниковое происхождение (Геология Беларуси, 2001 г). Волынскую серию образуют преимущественно терригенные породы. В ее нижней части (ратайчицкая свита) встечаются прослои вулканических туфов и туффитов. Породы имеют пеструю окраску. Валдайская серия составлена ритмичным переслаиванием песчаников, алевролитов и глин. Породы имеют зеленовато-серый цвет в Оршанской впадине и пестрый на остальной территории.

На территории Оршанской впадины разрезы каждого стратиграфического подразделения венда имеют характерную литологическую и геофизическую характеристики. Здесь они относительно хорошо идентифицируются. Значительные сложности с расчленением и корреляцией вендских отложений возникают на северном склоне Белорусской антеклизы (Вилейский погребенный выступ), где они представлены породами волынской и валдайской серий общей мощностью до 200–350 м. При прослеживании разрезов с востока на запад постепенно состав пород обеих серий приобретает более грубый характер и пеструю окраску. Выделить и идентифицировать отдельные свиты иногда бывает довольно тяжело. В таких условиях единственным возможным способом стратиграфического расчленения вендских образований служит постепенная корреляция разрезов с помощью геофизических данных.

Главной задачей является сопоставление наиболее представительных разрезов венда Оршанской впадины и северного склона Белорусской антеклизы. Для этого был построен корреляционный профиль (рис. 1), характерной особенностью которого является то, что осевой линией на каротажных характеристиках служит граница между волынской и валдайской сериями. Продвигаясь с востока на запад, мож-

но вычленив из разреза, который иногда является литологически почти одинаковым, свиты и серии и проследить изменения в их литологическом составе.

Волынская серия выделяется почти повсеместно на севере Беларуси в объеме ратайчицкой и лиозненской свит. Ратайчицкая свита представлена нормально-осадочными отложениями (алеврито-глинистые породы) с примесью пирокластического материала (туфы и туффиты). Количество пирокластического материала закономерно уменьшается с юго-запада на северо-восток. Ратайчицкая свита характеризуется низким фоном значений КС относительно выше и нижезалегающих отложений. Туфовые прослои выделяются на общем фоне более низкими значениями КС и ГК. Мощность свиты 40–60 м. Лиозненская свита в отличие от ратайчицкой сложена нормально-осадочными породами. Ее составляют два литологических ритма: в подошве залегают песчаники и алевриты; затем разрез надстраивается алеврито-глинистыми породами. Доминируют породы серых и темно-серых цветов. В южной части территории присутствует переотложенный пирокластический материал. Мощность свиты 35–40 м. В целом волынская серия выделяется от нижезалегающих и вышезалегающих образований (вильчанская и валдайская серии) достаточно яркониженными значениями на кривой КС и одновременно повышенными характеристиками ГК и ПС. Причем, как было отмечено предыдущими исследователями, в верхней части ратайчицкой свиты выделяется пачка туфов (до нескольких метров), имеющая повышенные значения ПС и одновременно пониженные КС и ГК (Зиновенко, Нагорный, 1983). В сравнении с ратайчицкой свитой лиозненская выделяется достаточно высокими значениями на кривых ПС и ГК. Ее можно охарактеризовать как региональный высокогамный репер, который прослеживается на всей обозначенной территории. Анализ корреляционных профилей показывает, что образования волынской серии имеют определенную фациальную изменчивость, которая выражается в их промышленно-геофизической характеристике. В восточной и северной части Оршанской впадины волынская серия сложена более тонким обломочным материалом, чем на северном склоне Белорусской антеклизы. В северо-западном направлении мощность отложений серии изменяется: они становятся более грубыми (в разрезе начинают преобладать песчаники и гравилиты), и, наконец, около границы распространения серия

сложена в основном гравилитами и конгломератами мощностью до 17 м в разрезе Тверячус-336.

Валдайская серия объединяет редкинскую и котлинскую свиты. Редкинская свита широко распространена в Оршанской впадине и Белорусской антеклизе. Сопоставление каротажных диаграмм позволяет проследить свиту на всем протяжении от северных районов Оршанской впадины к Белорусской антеклизе и Вилейскому погребенному выступу. Резкая дифференциация каротажных кривых базальных горизонтов, сложенных песчаниками (высокие КС, низкие ГК и ПС), и их верхних частей, которые сложены из алеврито-глинистых пород (низкие КС, высокие ГК и ПС), позволяет проследить свиту по трехчленному строению. Хорошо обозначены и границы с выше и ниже лежащими породами. Повсеместно редкинская свита залегает на высокогамном репере (лиозненская свита). В большинстве районов она перекрывается котлинской свитой. Последняя начинается песчаниками и гравилитами, которые характеризуются очень высокими значениями КС и низкими ПС и ГК. Затем разрез надстраивается преимущественно глинисто-алевритовыми породами, которые характеризуются монолитно высокими значениями ГК и ПС. Мощность свиты от 20 м (южная часть Оршанской впадины) до 130 м (северо-восток впадины).

Таким образом, с помощью геофизических данных можно провести расчленение и корреляцию вендских отложений в северной части Беларуси. Главным коррелятивным признаком волынской серии являются довольно низкие общие показатели кривых КС. Верхняя часть серии – лиозненская свита является региональным высокогамным репером, который прослеживается на всей территории. Выше лежащая редкинская свита валдайской серии может быть выделена по трем ритмам (30–45 м) трансгрессивного типа. Зажатая снизу высокогамным репером лиозненской свиты, а сверху высокоомным базальным горизонтом котлинской свиты, она может выделяться в тех местах, где ее вычленение из разреза было довольно сложным. И, наконец, котлинская свита валдайской серии хорошо идентифицируется по высокоомному базальному горизонту и слаборасчлененной высокогамной остальной части. Одновременно методика может быть использована для расчленения и корреляции вендских отложений в других регионах Беларуси.

КОНЦЕПЦИЯ СОЦИАЛЬНОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ В ПОВЕДЕНИИ ДЕТЕЙ В СЕМЕЙНОМ ВОСПИТАНИИ

М. А. Карпиченко

Изучение взаимоотношений и общения внутри детских групп имеет значительную традицию в отечественной педагогической и социально-психологической литературе. В работах современных авторов обнаруживается тенденция рассматривать нынешний этап изучения поведения ребенка в группах и коллективах как явление, связанное с освоением соответствующего зарубежного опыта [1, с. 94]. С этой точки зрения существенный интерес представляют работы, посвященные изучению социальной компетентности в межличностном взаимодействии.

Индивидуальное развитие человека осуществляется в процессе установления многообразных прямых и косвенных, непосредственных и опосредованных, осознаваемых и неосознаваемых взаимодействий с окружающей средой. В процессе социального взаимодействия, называемого межличностным общением, формируются и развиваются межличностные отношения. В межличностном общении существуют культурные правила поведения. Исполнение этих правил участниками общения влияет на характер формируемых в этом общении межличностных отношений. Межличностные отношения - это не просто реакция на качества, свойства или особенности другого человека. Такие факторы, как время, взгляды, стратегия, культура, умения и навыки, также имеют к ним отношения. Зная это, правомерно поставить вопрос о роли семьи в формировании у ребенка социально компетентного поведения.

В решении данного вопроса ключевое значение имеет определение понятия «социальная компетентность». Анализ мнений различных исследователей, проведенный К.Х. Рубин и Л. Роуз-Кэснор показал, что во всех определениях социальная компетентность соотносится с понятиями эффективность и манипулирование другими с целью удовлетворения своих потребностей и целей. Опора на эти определения позволила К.Х. Рубин и Л. Роуз-Кэснор определить социальную компетентность как способность достигать собственных целей в процессе взаимодействия с другими людьми, постоянно поддерживая с ними хорошие отношения в любое время и в любом месте [2, с. 399]. Такой подход позволил авторам предложить информационную концепцию социальной компетентности личности и разработать технологию ее развития у детей через формирования навыков решения межличност-

ных проблем (РМП). Далее этот подход разрабатывали Спивак и Шурэ. Они предложили социальную компетентность детей рассматривать как систему взаимосвязанных навыков решения межличностных познавательных проблем (РМПП).

Многие социальные отношения заставляют участников играть совершенно определенные роли, что делает их поведение достаточно предсказуемым. Дети легко усваивают последовательность действий в тех или иных хорошо знакомых социальных ситуациях, и при воспроизводстве «сценарного» поведения у них не возникают трудности. Но в отсутствие знакомых условий или при наличии препятствия возникает проблема, которая мешает «сценарному» поведению. Дети часто оказываются в подобных ситуациях в силу недостатка социального опыта.

При выборе способа разрешения проблемы ребенок, как правило, извлекает из памяти одну из стратегий, а затем ее выполняет. Извлечение стратегий бывает автоматическим или намеренным. Если ситуация привычная – автоматически, в обратном же случае – намеренно. После осуществления решения оцениваются результаты действий. При констатации успеха процесс заканчивается и заносится в долговременную память. Если исход неудачный, то ребенок может отказаться от достижения цели либо может изменить способ действий и попытаться достигнуть все ту же цель. На выбор целей и способов действий влияет восприятие ребенком собственной компетентности. Одни считают, что им не хватает социальных навыков. Другие вообще не верят, что могут чего-то успешно достигнуть и выбирают лишь легкие социальные цели. В случае неудачи дети с низкой самооценкой сдаются, не возобновляя попытку достижения цели.

Концепции компетентности базируются на эмпирических данных различных исследований, поэтому следует оговорить основные способы оценки навыков РМП.

Наиболее распространена процедура оценки, при которой ребенку предлагают гипотетическую задачу социального характера и спрашивают, как он разрешит данную ситуацию. Преимущества процедуры в том, что экспериментатор держит ситуацию под контролем в процессе интервью. Процедура к тому же не длительна во времени. Гораздо реже из-за своей продолжительности используется метод наблюдения. С помощью этого метода оценивается потенциальная компетентность действий в условиях заданных целей и выбранных стратегий. Выше сказанные методы дают информацию о том, что дети думают о социальных проблемах и что они делают в реальных условиях.

По мере того как растет социальная компетентность и увеличивается социальный опыт, возрастает количество и объем социальных целей ребенка. Развитие сложного мышления позволяет ставить перед собой подцели и откладывать на время сложные цели. Цели низкого уровня характеризуются немедленностью удовлетворения, материальностью.

По мере увеличения количества и разнообразия социального опыта увеличивается число стратегий, которыми владеет ребенок. С возрастом дети приобретают стратегии, заимствуя опыт товарищей, создают сами. У них вырабатывается способность к отбору нужной информации.

В тоже время социальная сдержанность, замкнутость могут помешать ребенку: а) научиться строить нормальные отношения; б) участвовать в играх; в) развить те социальные и когнитивные навыки, которые формируются в игре и в отношениях со сверстниками. К тому же трудный темперамент и высокий уровень активности обуславливают излишне автоматические реакции, без склонности к обдумыванию.

Все больше возрастает интерес исследователей к отношению между поведением родителей и детей и уровнем социальной компетентности. В отношении детей и родителей возникают три функции (по Хартану):

- они являются контекстом, в котором формируется социальная компетентность;
- это ресурсы, которые позволяют ребенку исследовать свой социальный и несоциальный мир;
- это прообраз всех тех отношений, которые ребенок будет строить в будущем;

Если поведение родителей компетентно, то и у ребенка поведение будет когнитивным и социально зрелым. Компетентный родитель передает своему ребенку подходящую модель решения социальных проблем, вдохновляет развитие навыков переработки информации. Некомпетентны те родители, которые плохо справляются с решением проблем в контексте отношений детей и родителей. Их дети будут неправильно исследовать мир, неверно вступать в игру, что приведет к изоляции от сверстников. Родители косвенным путем помогают детям развивать социальную компетентность поведения, устанавливая теплые, безопасные отношения с ними. На выбор задач и путей их решения влияет характер поведения ребенка.

У большинства замкнутых детей цель – привлечь внимание. Они ставят перед собой легкие цели, но это не значит, что они их достигают с большим успехом, чем обычные дети (54 %/65 %). Замкнутые де-

ти менее социально приспособлены, не самоуверены, обладают гибким поведением.

Агрессивные дети для достижения конкретных целей склонны использовать ненормативные действия при РМП. Они неправильно воспринимают намерения, мысли других людей. Предположительно агрессивное поведение избирается из-за искаженного восприятия окружающей среды.

И замкнутые, и агрессивные дети отвергаются, поскольку их поведение отклоняется от норм социального поведения. Для коррекции поведения детей используют тренинги решения социальных проблем, которые оказывают влияние на выработку навыков решения задач. Особенное влияние тренинг оказывает на детей в маленьком возрасте. А эффективность коррекции связана с опытом тренера и длительностью курса. Изучение РПМ только начинается, еще недостаточно изучены биологические, личностные факторы предрасположенности на развития социальной компетентности. Мало известно о связи отношений в семье и поведении родителей с развитием РМП, а также о взаимодействии личностных характеристик и факторов жизни в семье.

Главный недостаток социальной компетентности связан с показателями развития таких отношений, как агрессивность, замкнутость и отвержение сверстниками, а также то, что эти показатели сами по себе позволяют предсказать неудачи.

Литература

1. Коломинский Я. Л. Психология взаимоотношений в малых группах (общие и возрастные особенности). Мн.: Тетра Системс, 2000. 432 с.
2. Рубин К. Х. Роуз-Кэснор Л. Решение межличностной проблемы и социальная компетентность в поведении детей // Межличностное общение. СПб., 2001. Разд. 5. С. 396–450.

СОСТАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ КАРТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «ПАНОРАМА-97»

О. В. Кротенкова

Электронная обработка данных открывает широкие перспективы автоматизации многочисленных трудоемких процессов в самых различных областях человеческой деятельности, в том числе и в картографии.

Современная компьютерная техника способна в считанные минуты произвести обработку огромных массивов картографической информации, однако ввод ее в компьютер осуществляется человеком в

сотни раз продолжительнее. Исключить это парадоксальное несоответствие информационной технологии возможно только путем заблаговременного преобразования образно-знаковой информации карт в цифровую форму, создания постоянно обновляемых банков данных электронных карт. Они в свою очередь должны удовлетворять запросы картографов, создающих новые (электронные) карты или обновляющих автоматизированным путем старые, традиционные карты [2].

Электронная карта (ЭК) – это программно-управляемое картографическое изображение, визуализированное с использованием программных и технических средств в принятой для карт проекции и системе условных знаков [1, с. 192].

«Панорама-97» – это географическая информационная система (ГИС), предназначенная для создания и редактирования электронных карт, решения типовых прикладных задач и разработки специализированных ГИС-приложений в среде Windows95 и Windows NT.

Система позволяет создавать векторные, растровые и матричные карты, а также оперативно обновлять всю информацию о местности в зависимости от текущих или планируемых изменений.

База данных электронных карт имеет иерархическую структуру. На нижнем уровне хранится информация об отдельных объектах карты. Объекты могут объединяться в группы, слои и листы карт. Совокупность листов карт одного масштаба и вида составляет район работ – отдельную базу данных электронных карт. Описание отдельного объекта состоит из метрических данных (координат на местности), семантических данных (свойств объекта), текстовых справочных данных, иллюстративных графических данных и других данных, включая уникальный номер объекта, через который осуществляется логическая связь с внешней реляционной системой управления базой данных (СУБД).

Объем отдельной базы данных электронной карты может составлять несколько терабайт. Обновление базы выполняется в режиме выполнения транзакции, что обеспечивает восстановление при сбоях и откат на любое число шагов назад. Система управления поддерживает высокопроизводительный алгоритм индексации данных, что обеспечивает максимальную скорость поиска и отображения объектов карты на стандартных технических средствах.

Основными функциями системы «Панорама-97» являются:

- создание и использование иерархической структуры базы данных ЭК, имеющей уровни: район работ, листы карты, слой объектов, отдельные объекты местности;

- редактирование содержимого базы данных ЭК с использованием графического интерфейса пользователя; создание нового уровня, обновление, удаление, копирование и восстановление объектов карты; визуализация содержимого базы данных в условных знаках, принятых для топографических, обзорно-географических, кадастровых и других видов карт;

- поддержка стандартных систем классификации, копирование объектов и их характеристик;

- поддержка пользовательских условных знаков, слоев, объектов и их характеристик;

- примитивы, не поддерживаемые в GDI системы Windows;

- выполнение расчетных операций: определение площади, длины, периметра, построение зон отсечения, ведение статистики по характеристикам объектов;

- вывод на внешнее устройство печати изображения ЭК в принятых условных знаках; поддержка векторных и растровых устройств печати цветных и черно-белых;

- поддержка программного интерфейса для различных средств программирования: C++, C, Pascal, Delphi, Visual Basic, Builder C++ и других.

Система «Панорама-97» дает возможности решать следующие прикладные задачи:

- создание новой карты;
- редактирование паспорта векторной карты;
- редактор векторной карты;
- сортировка данных;
- расчеты по карте;
- управление внешней базой данных;
- навигатор карты;
- запуск прикладных задач.

Выполнение работ в ГИС «Панорама-97» разделяется на три этапа.

На первом этапе ведутся редакционно-подготовительные работы, в ходе которых подготавливается растровое изображение и подбирается топографическая карта номенклатуры, соответствующей растру. И растровое изображение, и топокарта детально изучаются, затем на основе новейших картографических материалов, а также материалов аэрокосмических съемок отмечаются изменения, произошедшие со дня издания топокарты.

Второй этап представляет собой непосредственно оцифровку карт местности. Она начинается с географической привязки листа ЭК. Первой оцифровывается гидрографическая сеть. Первостепенность ее оцифровки диктуется тем, что именно к гидрографическим объектам и будут привязываться отметки высот. Далее наносятся пункты триангуляции и оцифровывается рельеф (проводятся горизонтали и устанавливаются бергштрихи). Затем проводится оцифровка населенных пунктов, дорожной сети, объектов социально-промышленного комплекса, растительности. На завершающем этапе цифрования на электронную карту наносятся надписи.

Третий этап создания электронной карты – подготовка их к изданию, в ходе которой проводятся редакционные работы: исправляются ошибки, вносятся дополнения, корректируется исходная карта.

Система «Панорама-97» и созданные с ее использованием электронные карты используются главным образом в военном деле. Но в целом электронные карты весьма эффективно применяются в мониторинге окружающей среды с использованием космического зондирования, а также во всемирной гидрометеослужбе и экологии [2, с. 4].

Несомненно, электронным картам принадлежит большое будущее в развитии картографии. Новая информационная технология положит конец трудоемким чертежным, гравировальным и другим ручным процессам, открыв широкие пути автоматизации этих работ. Использование достижений науки и ее математического раздела – информатики позволит на более высокой научно-теоретической основе, с привлечением современных электронно-вычислительных средств, решать проблему картографической генерализации и картосоставления в целом, что поднимет картографию на новый качественный уровень.

Литература

1. Берлянт А. М. Геоиконика. М.: Астрия, 1996. 208 с.
2. Калугин Е. И., Жолковский Е. А., Жданов Н. Д. Цифровые карты / Под ред. Е. И. Калугина. М.: Недра, 1992. 419 с.

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРИРОДНЫХ И АГРОЛАНДШАФТОВ МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. Я. Куликова

Техногенная миграция и концентрация химических элементов приводит к нарушению естественно сложившихся биогеохимических циклов химических элементов, что осложняет экологическую ситуацию в природных и агроландшафтах. Для разработки геохимических

способов нейтрализации токсических элементов и соединений и оптимизации ландшафтных условий необходимо вначале целесообразно дать анализ сложившейся эколого-геохимической ситуации, в частности в Могилевской области. Реализация поставленной цели осуществлялась путем сбора и анализа литературного и фондового материала, накопленного различными организациями за последние годы.

Исходя из геохимического анализа собранного материала во время производственной практики в 2001 г. на Могилевщине можно заключить, что степень изученности геохимических ландшафтов Могилевской области недостаточна для достоверной оценки эколого-геохимической ситуации, сложившейся в ее пределах. Это обуславливает необходимость проведения более детальных геохимических исследований. Особую остроту проблема приобрела в результате аварии на ЧАЭС, а также в связи с рядом экологических проблем более мелкого масштаба. Для области характерно постоянное возрастание техногенной нагрузки на естественные ландшафты. Широкое развитие эрозии (11,2 % пахотных земель эродировано), нерациональное применение минеральных и органических удобрений, пестицидов изменяют естественные биохимические циклы элементов.

По области накоплен большой фактический материал, однако, миграция тяжелых металлов, радиоактивных изотопов, макроэлементов и других химических элементов и соединений в ландшафтах исследованы недостаточно. На основе фондовых материалов природоохранных организаций и литературных источников, собранных нами, в дальнейшем под руководством Н.К. Чертко была создана база данных по геохимии элементов Могилевской области. На ее основе построены электронные геохимические карты по отдельным элементам, которые дают основание проводить оценку геохимической дифференциации химических элементов.

Для территории исследования наиболее высоким содержанием химических элементов (K, Ca, Mg, Na, Al, Zr, V, Mn, Ti) выделяется ландшафт лессовой равнины, получивший наибольшее распространение на северо-востоке области. В реках бассейна Днепра наблюдается повышенное содержание ионов гидрокарбонатов кальция и магния, а также Fe, Cu, Mn, Al. В южном направлении снижается минерализация речных вод и содержание в них элементов, что связано с выходом рек из района лессовых плато и поступлением минерализованных вод из заболоченных и залесенных территорий южной части Могилевской области.

Почвы бассейна Днепра отличаются наиболее высоким содержанием кремния и пониженным основных макроэлементов (К, Са, Mg, Na). В этих почвах отмечается ниже среднего содержания Мг, Cu, Со, V, Cr [1]. Пространственное распределение микроэлементов в почвах поймы обусловлено действием геоморфологического фактора, поставкой литологически различного материала, высокой интенсивностью и разнообразием почвообразовательных процессов, которые проявляются в динамичности химических и биохимических процессов [2].

Повышенным содержанием макро- и микроэлементов отличаются дерново-подзолистые почвы, развивающиеся на лессах и лессовидных суглинках. Они получили наибольшее распространение на возвышенной части Оршано-Могилевского плато. Здесь в наибольшей степени концентрируются Al, К, Mg, Са, Ti, Cr, V.

Низким содержанием химических элементов и их соединений характеризуется ландшафт вторичных водно-ледниковых равнин, расположенных разрозненно по территории всей области. Преобладающие дерново-подзолистые песчаные почвы наиболее бедны Са, К, Na, Al, V, Cr, Ni и Cu. Приурочены они главным образом к участкам Центральноберезинской и Чечерской равнин. Благодаря легкому механическому составу для данной разновидности почв свойственна высокая степень выноса соединений химических элементов (в том числе и тяжелых металлов), что обеспечивает значительную скорость самоочистки ландшафтов.

Большая часть почв Могилевской области вовлечена в сельскохозяйственное использование, и их санитарно-экологическое состояние определяет качество получаемых продуктов питания и сырья для его производства, что в конечном итоге сказывается на здоровье человека. Поэтому необходим постоянный контроль над состоянием агроландшафтов посредством агрохимического мониторинга. В агроландшафтах Могилевской области отмечается повышенное содержание Са, Р и Mg. Наибольшее содержание подвижного кальция наблюдается на северо-востоке области: в Горецком, Мстиславском и Кричевском районах. Необходимо отметить, что концентрации этого элемента в пахотных почвах (813–1369 мг/кг) значительно уступают содержанию подвижного кальция в почвах сенокосов и пастбищ (1200–1640 мг/кг), что связано со значительным выносом кальция при распашке почвы.

Содержание подвижного магния в пахотных почвах Могилевской области колеблется в пределах 120–253 мг/кг, при этом повышение

концентрации данного химического элемента наблюдается в Городецком, Круглянском и Хотимском районах. В почвах сенокосов и пастбищ содержание подвижного магния возрастает (134–270 мг/кг), и наиболее хорошо обеспеченные магнием почвы находятся в Могилевском, Горецком и Кировском районах.

Содержание подвижного фосфора в пахотных почвах колеблется в пределах 149–225 мг/кг, при этом его содержание в почвах сенокосов и пастбищ значительно ниже, что объясняется более высокими дозами внесения фосфорных удобрений в пахотные почвы. В целом на область приходится только 18 % почв, самообеспеченных фосфором (менее 100 мг/кг); повышенные концентрации этого элемента наблюдаются в центральных и северных районах исследуемой территории.

Почвы сельскохозяйственных угодий среднеобеспечены подвижным калием. Отмечается более высокое содержание этого макроэлемента в пахотных почвах (125–200 мг/кг) по сравнению с почвами сенокосов и пастбищ (62–126 мг/кг), что связано с внесением калийных удобрений. Наличие почв слабообеспеченных калием (менее 140 мг/кг), в Могилевской области составляет 41,4 %. Повышенное содержание калия отмечается в почвах северной и северо-восточной части области.

Сельскохозяйственные почвы Могилевской области характеризуются повышенным содержанием цинка и средним и низким бора, серы и меди.

Литература

1. Геохимическое изучение ландшафтов Белоруссии / под ред. К. И. Лукашева. Мн.: Институт геохимии и геофизики, 1984.
2. Савченко С. В., Головатный С. Е., Вадковская И. К. Современное эколого-геохимическое состояние пойменных почв и растений Беларуси // Почвенные исследования и применение удобрений. 2001. № 26. С. 85–100.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВЫХ КАРТ РЕЛЬЕФА

Д. М. Курлович

На современном этапе развития географической науки все большее значение приобретают географические информационные системы (ГИС), с помощью которых возможен более оперативный и глубокий анализ изучаемых процессов и явлений, визуализация пространственной информации на качественно новом уровне. ГИС-технологии проникают во многие отрасли науки и практики, зачастую выходя за рам-

ки географии. Они используются в тех областях, где нужна пространственная информация. Но все же основной областью их применения остается географическая наука. Не стала исключением и геоморфология – отраслевая физико-географическая наука, изучающая неровности земной поверхности. Применение ГИС в этой области позволяет по-новому подойти к изучению рельефа, его морфологии и морфометрии, а также использовать данный инструмент при моделировании и прогнозировании геоморфологических объектов и процессов.

Многочисленные публикации, а также материалы ресурсов Internet позволяют говорить о достаточно широких возможностях применения ГИС в решении различных геоморфологических задач. Ниже мы приводим некоторые из них:

- визуализация геоморфологической информации, выраженная в создании цифровых карт рельефа (карты изолиний, изображение рельефа методом цветового фона), геоморфологических карт; построение гипсометрических, геолого-геоморфологических и других профилей, разрезов;

- анализ геоморфологической информации, выраженный в создании морфометрических карт крутизны склонов, глубины и густоты расчленения земной поверхности;

- моделирование и прогнозирование геоморфологических объектов, явлений и процессов (трехмерные модели рельефа, прогнозирование экзогенных, техногенных процессов рельефообразования), что особенно важно при эколого-геоморфологических исследованиях.

Конкретным примером применения ГИС-технологий при изучении рельефа может служить ГИС-проект «Рельеф Воложинского района Минской области», выполненный автором. Мы стремились показать возможности и в определенной степени преимущества ГИС в изучении рельефа на примере конкретной административно-территориальной единицы. Обращение к этому району обусловлено специфическими чертами рельефа, степенью его хозяйственной освоенности, антропогенной преобразованности, наличием необходимой информации.

Для работы была выбрана ГИС Arc View 3.2 *a*. Преимуществами данного программного продукта является относительная простота в использовании, широкий круг операций по работе с рельефом, включающих отображение гипсометрии в векторном виде, анализ морфометрии, а также моделирование геоморфологических объектов и процессов, прогнозирование их развития [2]. Для осуществления ГИС-проекта планировалось решить ряд задач:

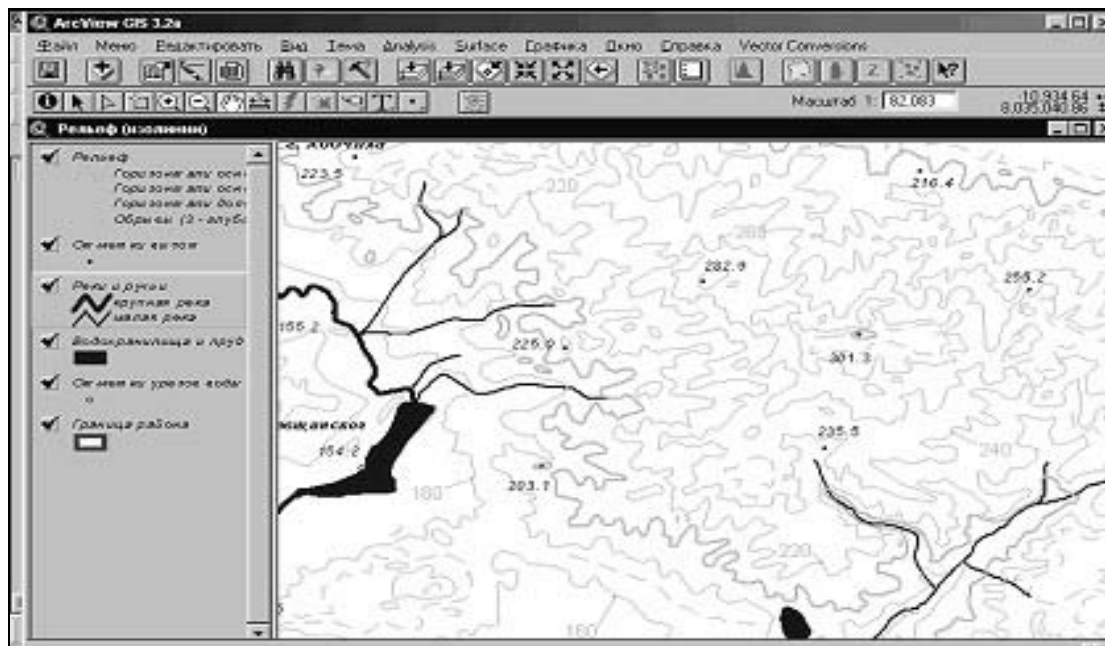


Рис. 1. Фрагмент цифровой карты рельефа Воложинского района

- создание цифровой карты рельефа Воложинского района на основе крупномасштабных топокарт;
- создание грид-поверхности (отображение методом цветового фона) рельефа с использованием модуля Spatial Analyst и Vector Conversions Extension (1.1);
- создание TIN-поверхности (цифровой модели рельефа) с помощью модуля 3D Analyst.

Для создания цифровой карты рельефа Воложинского района первоначально был осуществлен сбор бумажных картографических материалов, а затем их сканирование. Далее предстояла привязка растрового изображения, так как из-за большого объема материала при сканировании было получено несколько растровых карт. Наиболее трудоемкой частью работы являлась оцифровка растрового и создание векторного изображения. По каждому объекту цифровой карты рельефа была занесена информация в атрибутивные таблицы соответственно слоям карты (рис. 1).

Следующим блоком работ по ГИС-картографированию рельефа Воложинского района Минской области стал анализ уже созданной цифровой карты рельефа. При этом был использован модуль Arc View GIS 3.2 a Spatial Analyst – мощное средство для проведения пространственного анализа данных [1; 2]. Одной из основных задач, решаемых с помощью данного модуля, является преобразование нерегулярной сети данных в регулярную (Grid). В данном проекте для этого использовался интерполяционный метод средневзвешенных величин (IDW).

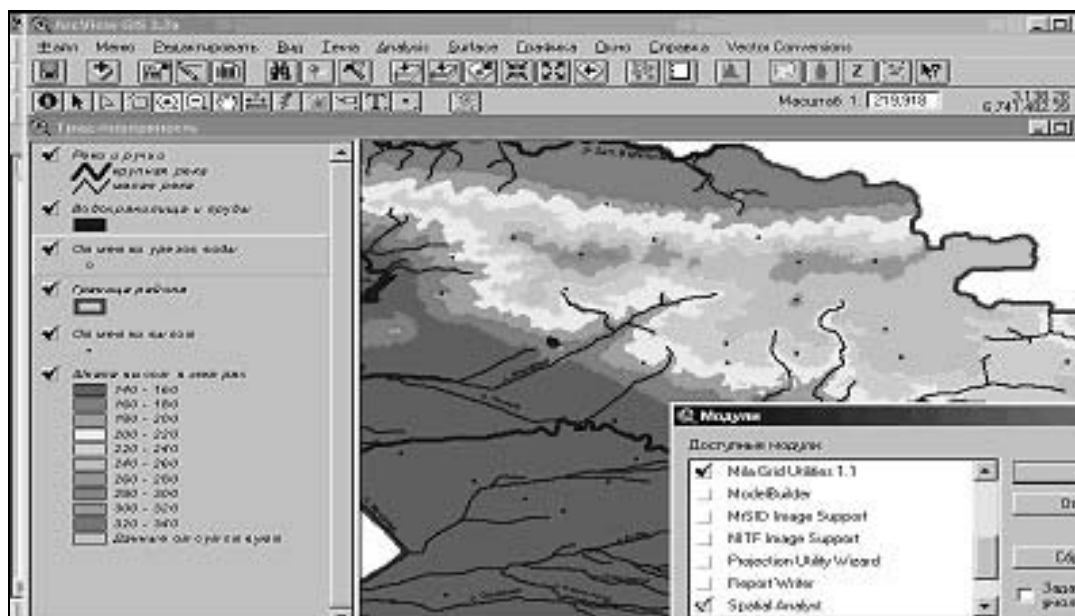


Рис. 2. Фрагмент грид-поверхности рельефа

Для создания грид-поверхности (рис. 2) требовалось преобразование линейной темы «рельеф», представленной в виде изолиний, в точечную тему с атрибутами высоты каждой точки. По этим точкам с помощью модуля Spatial Analyst и была произведена интерполяция и получена карта, отображающая рельеф методом цветового фона.

В результате моделирования рельефа Воложинского района было создано трехмерное изображение (рис. 3), которое более наглядно показывает особенности рельефа, позволяет прочитать гипсометрические уровни. Вместе с тем данная модель позволяет изучать и прогнозировать техногенные рельефообразующие процессы.

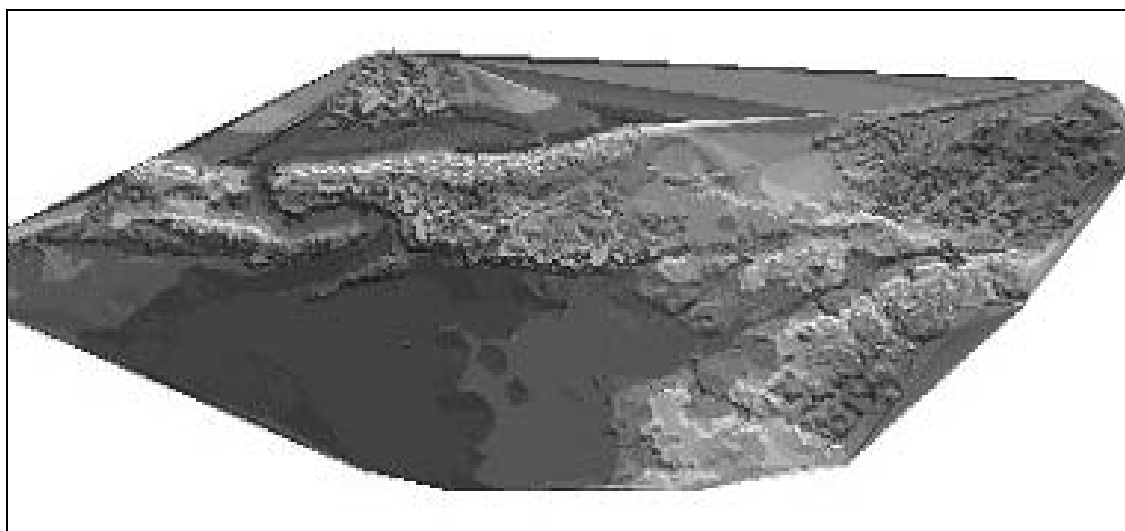


Рис. 3. Цифровая модель рельефа Воложинского района

Для создания объемной модели рельефа нами был использован модуль Arc View 3D Analyst. Предназначен он для того, чтобы сделать доступными для пользователя многие сложные функции трехмерного и перспективного отображения, моделирования и анализа поверхностей. Для поддержания данных функций модуль включает в себя возможности создания и работы с триангуляционными нерегулярными сетями (TIN). Триангуляция – это процесс создания непересекающихся смежных треугольников, вершинами которого являются узлы нерегулярной сети [3; 4].

Созданный ГИС-проект «Рельеф Воложинского района» наглядно показывает возможности данных технологий при изучении рельефа. На основе только растрового изображения топокарт местности возможно произвести не только визуализацию (векторная карта рельефа), но и анализ (грид-поверхность), а также моделирование (трехмерная модель) рельефа.

Литература

1. Биль П. А. Новые модули Arc View GIS // <http://www.kv.by>.
2. Кищинская И., Лебедева Н. Дополнительные модули к настольным продуктам Arc GIS // Arc Review. 2001. № 4. С. 9–10.
3. Система построения тематических карт и трехмерной визуализации // <http://www.gis.cctpu.edu.ru>.
4. Технология построения трехмерных моделей местностей // <http://www.train-tech.ru>.

ВЫЗНАЧЭННЕ БАЗАВАГА КОШТУ І АЦЭНАЧНАЕ ЗАНІРАВАННЕ Ё МЕЖАХ ПРАВЯДЗЕННЯ КАДАСТРАВАЙ АЦЭНКІ ЗЯМЕЛЬ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАЎ (НА ПРЫКЛАДЗЕ г. НЯСВІЖА)

В. А. Кухарчык

Ва ўмовах пераходу да рыначных адносін вядзення сельскай гаспадаркі ўзнікла неабходнасць у правядзенні ўсеагульнай кадастравай ацэнкі зямель. Ацэнка зямель можа быць выкарыстана дзеля мэты налагаабкладання, залогу, устанаўлення стартавай цаны правоў на зямельныя надзелы на конкурсах, аўкцыёнах, для ўстанаўлення арэнднай платы, продажу правоў заключэння дагавораў арэнды зямельных надзелаў і г. д. [2, с. 3].

Выпадзенне зямлі як асноўнага сродку вытворчасці з сістэмы разліковых адносін прыводзіць да іх рэфармацыі, перашкаджаючы ўвядзенню рыначных адносін у эканоміку. Зямля як галоўны сродак вытворчасці ў сельскай гаспадарцы павінна быць ацэнена з эканамічнага

погляду рынку і ўведзена ў сістэму рыначных адносін. Рыначная эканоміка патрабуе замены існуючага зямельнага кадастру. Гісторыя развіцця зямельнага кадастру ў нашай краіне і развітых капіталістычных дзяржавах паказвае, што без дастатковай інфармацыйнасці аб якасці зямель, іх эканамічнай ацэнкі не могуць быць створаны дастаткова спрыяльныя ўмовы для развіцця рыначнай эканомікі [3, с. 6].

Кадастравая ацэнка зямель у нашай краіне ажыццяўляецца ў адпаведнасці з часовай метадыкай кадастравай ацэнкі гарадскіх зямель, распрацаванай Камітэтам па зямельных рэсурсах геадэзіі і картаграфіі Рэспублікі Беларусь і зацверджанай 31.12.1998 г.

Аб'ектам (адзінкай) ацэнкі з'яўляецца забудаваны або незабудаваны зямельны надзел, зарэгістраваны ў Дзяржаўным зямельным кадастры, які з'яўляецца аб'ектам налагаабкладання згодна з дзеючым заканадаўствам [4, с. 13].

Існуе шмат шляхоў вызначэння базавага кошту (сярэдні кошт адзінкі плошчы зямель у найбольш каштоўнай ацэначнай зоне населенага пункта). Базавы кошт вызначаецца экспертным і разліковым метадамі. Экспертны метадад вызначае выкарыстанне трох падыходаў: затратнага, даходнага і аналізу параўнання цаны зямельных надзелаў. Апошні выкарыстоўваецца ў тых выпадках, калі існуе дастатковая колькасць інфармацыі аб здзелках куплі-продажу, і для ацэнкі зямель у зоне жилой маёнткавай забудовы. Даходны падыход вызначае кошт надзелу праз даход і выкарыстоўваецца для ацэнкі зямельных надзелаў пад офіснымі, гандлёвымі і іншымі камерцыйнымі або прамысловымі аб'ектамі. Затратны падыход выкарыстоўваецца ў ацэнцы зямельных надзелаў пад шматкватэрнай забудовай.

Разліковы метадад – вылічэнне базавага кошту шляхам інтэрпаляцыі базавых коштаў апорных гарадоў. Інтэрпаляцыя ажыццяўляецца па каэфіцыентах сацыяльна-эканамічнага і геаграфічнага патэнцыялу населеных пунктаў (рэнтнай даходнасці рэгіянальнага ўзроўню). Горад Нясвіж – горад раённага падпарадкавання. Па шкале чыннікаў, вызначаных у дзеючай метадыцы, ранг горада Нясвіжа роўны чатыром, г. зн., што паказчыкі базавага кошту зямель у межах горада меншыя за базавы кошт зямель горада Мінска ў чатыры разы і складаюць прыкладна 70 у. а./кв. м [1, с. 5].

Базавы кошт зямель быў вызначаны таксама згодна з метадыкай, распрацаванай у Горыцкай сельскагаспадарчай акадэміі. Базавы кошт зямель вызначаўся па наступнай формуле:

$$K_6 = C_0 + C_3 + C_n,$$

дзе K_6 – базавы кошт зямельных надзелаў, C_0 – ацэначны кошт 1 га неўладкаванай зямлі, C_3 – паказчык павелічэння кошту зямлі населенага пункта за кошт стварэння вытворчай, сацыяльна-культурнай, сацыяльна-бытавой інфраструктуры, C_n – паказчык павелічэння кошту зямель населенага пункта ў залежнасці ад сукупнасці архітэктурна-горадабудаўнічых, экалагічных, прасторавых умоў, якія вызначаюць якасць умоў жыццядзейнасці.

Акрамя таго, кожны з гэтых паказчыкаў вылічваецца з улікам цэлага шэрагу іншых паказчыкаў і каэфіцыентаў [5, с. 10]. Згодна з гэтай метадыкай, базавы кошт зямель г. Нясвіжа складае 44 у. а./кв. м.

Яшчэ адзін спосаб – аналіз дадзеных куплі-продажу па матэрыялах мясцовых перыядычных выданняў, а таксама па дадзеных Выканаўчага камітэта і яго аддзела па землеўпарадкаванню. Згодна з імі кошт 1 кв. м зямлі складае 56 у. а.

Наступным крокам пасля вызначэння базавага кошту зямель у кадастравай ацэнцы зямель населеных пунктаў з’яўляецца ацэначнае заніраванне, якое ажыццяўляецца з мэтай дзялення тэрыторыі населенага пункта на ацэначныя зоны, згодна з дадзенымі, атрыманымі метадамі, апісанымі вышэй. Ацэначная зона – аднародная па горадабудаўнічаму кошту і кошту часткі тэрыторыі населенага пункта [5, с. 10].

У адпаведнасці з дзеючай метадыкай у межах тэрыторыі г. Нясвіжа былі выдзелены наступныя ацэначныя зоны:

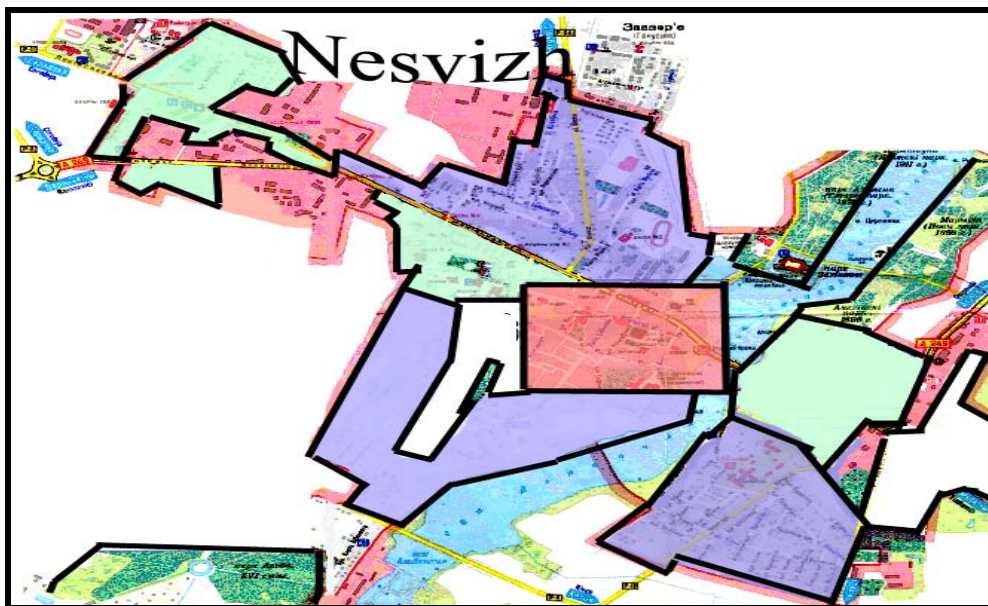
- жылой маёнткавай забудовы гарадскога тыпу;
- жылой малапавярховай (1–2 паверхі) шматкватэрнай забудовы;
- жылой сярэднепавярховай (3–5 паверхаў) шматкватэрнай забудовы;
- прамыслова-гандлёвай забудовы і аб’ектаў транспарту;
- культурна-гістарычных аб’ектаў і помнікаў прыроды.

Вынікі ацэначнага заніравання тэрыторыі г. Нясвіжа адлюстраваны на картасхеме (гл. малюнак, с. 293).

Як бачна на картасхеме, найбольшую плошчу ў межах горада займае зона маёнткавай забудовы гарадскога тыпу, затым размясціліся зона сярэднепавярховай шматкватэрнай забудовы, зона прамыслова-гандлёвай забудовы і аб’ектаў транспарту, і найменшую частку займае зона культурна-гістарычных аб’ектаў і помнікаў прыроды.

Існуе вялікая колькасць метадык вызначэння базавага кошту зямель населеных пунктаў, акрамя зацверджанай Камітэтам па зямельных рэсурсах, геадэзіі і картаграфіі. Методыкі адрозніваюцца па спосабах вызначэння базавага кошту. Адсюль выцякаюць і настолькі розныя вынікі базавага кошту. У гэтым артыкуле разглед-

жаны толькі некаторыя з найбольш распрацаваных. Таксама намі зроблены першыя



Маштаб: 1:15000

Мал. Картасхема ацэначнага заніравання тэрыторыі г. Нясвіжа

Умоўныя абазначэнні:

	зона жылой маёнткавай забудовы гарадскога тыпу;
	зона жылой малапавярховай (1–2 паверхі) шматкватэрнай забудовы;
	зона прамыслова-гандлёвай забудовы і аб'ектаў транспарту;
	зона жылой сярэднепавярховай (3–5 паверхаў) шматкватэрнай забудовы;
	зона культурна-гістарычных аб'ектаў і помнікаў прыроды;
	мяжа зоны.

крокі па складанню лічбавай карты ацэначнага заніравання тэрыторыі г. Нясвіжа, якая будзе дакладна і своєчасова адлюстроўваць усе змены, якія адбываюцца на зямельным рынку горада.

Літаратура

1. Березовская О. Л. Пилотный проект кадастровой оценки земель г. Жлобина: Второй белорусско-польский семинар «Оценка земель – инструмент развития экономики городов» (Минск, 28 февр. – 1 марта 2002 г.). Мн., 2002. 6 с.
2. Березовская О. Л. Технология, методы и средства кадастровой оценки земель населенных пунктов в Республике Беларусь: Второй белорусско-польский се-

- минар «Оценка земель – инструмент развития экономики городов» (Минск, 28 февр. – 1 марта 2002 г.). Мн., 2002. 7 с.
3. *Бречко Я.* Проблемы методологии экономической оценки земли. М., 1999. 10 с.
 4. Временная методика кадастровой оценки земель населенных пунктов Республики Беларусь: Утв. Приказом Государственного комитета по земельным ресурсам, геодезии и картографии Республики Беларусь 30.12.1998 г. Мн., 1998. 19 с.
 5. *Нестеровский Е. А.* Кадастр застроенных территорий: Лаб. работы. Горки, 2001. 20 с.

СОСТАВЛЕНИЕ КАРТЫ-СХЕМЫ ТУРИСТСКОГО МАРШРУТА ЮГО-ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ОЗЕРА БАЙКАЛ

А. С. Лазутин

Целью данной работы является создание карты-схемы туристского маршрута юго-западного побережья озера Байкал с четко классифицируемыми памятниками культуры и природы. Байкал является уникальным в природе объектом, отличающимся своеобразием и неповторимостью. Помимо всех прочих особенностей и достоинств, это богатейший туристско-рекреационный район мира. Следовательно, для успешного развития региона в этом направлении необходим тщательный учет, оценка и классификация памятников природы и культуры для дальнейшего нанесения их на карту. Для белорусских туристов-географов это также является местом, связанным с деятельностью выдающихся ученых – выходцев из Беларуси – Черского, Чекановского, Дыбовского.

Для сбора материалов при составлении карты-схемы использовались следующие источники: литературные (В.П. Брянский. Желанный, яростный, прекрасный: Путеводитель. Иркутск: Восточно-Сибирская издательская компания, 2000. 320 с.), картографические (Атлас «Озеро Байкал: карты, информация»; Альбом карт «Прибайкалье»), материалы полевых исследований.

Как правило, изображение элементов содержания на современных туристских картах носит бессистемный характер и не имеет четко выраженных логических связей между собой и с объектами действительности. Поэтому использовалась следующая классификация туристских памятников. Для наглядности ее можно представить в виде направленного иерархического графа, где все туристские объекты разделены на ряд классификационных единиц (раздел, класс, тип, группа и вид). Понятийно-содержательная классификационная модель объектов туризма и экскурсий содержит три раздела:

- обслуживание туризма и отдыха;

- достопримечательности;
- учреждения культуры и отдыха.

Практическое значение в данной работе имеет классификация достопримечательностей, которые включают в себя класс памятников и памятных мест. Памятники подразделяются на 2 типа (исторические и природные), которые включают в себя 8 основных групп (архитектурные, скульптурные, археологические, геологические, геоморфологические, гидрологические, ботанические, зоологические). Нижней ступенью классификации являются виды памятников. Другие объекты туризма не рассматриваются, т. к. для данного маршрута они носят вспомогательный характер [1].

Элементарной единицей классификации является отдельный туристский объект, которому соответствует определенный единственный условный знак. Система условных знаков для туристских карт должна быть:

- иерархичной;
- гармоничной, соответствовать законам зрительного восприятия, обладать эстетическими качествами;
- должна иметь большую степень свободы, позволяющую наращивать систему [3].

Завершающим этапом работы является создание тематической карты-схемы мелкого масштаба, ориентированной на пеших и горно-пешеходных туристов [2].

В данной работе предлагается на основании общей классификации туристских объектов классификация памятников культуры и природы юго-западного побережья озера Байкал, составленная по материалам экспедиции в июле-августе 2001 г.

В ходе полевых обследований были уточнены размещение на местности, характеристики, местоположение в классификационном ряду памятников культуры и природы и произведена их унификация и стандартизация. В результате выделены восемь классов памятников, которые включают в себя весь набор памятников культуры и отдыха (рис. 1). В сравнение с выше предложенной классификацией в данную классификацию добавлен класс психолого-эстетических природных памятников. Отличием их от других памятников природы (например, геологических или геоморфологических, также часто имеющих большую эстетическую ценность) является наличие комплекса выразительных и эстетических качеств, и именно в комплексе этих качеств заключается их ценность.

Следует отметить, что некоторые природные (в данном случае геоморфологические: Шаманский камень, Бурхан, Бакланий камень) па-

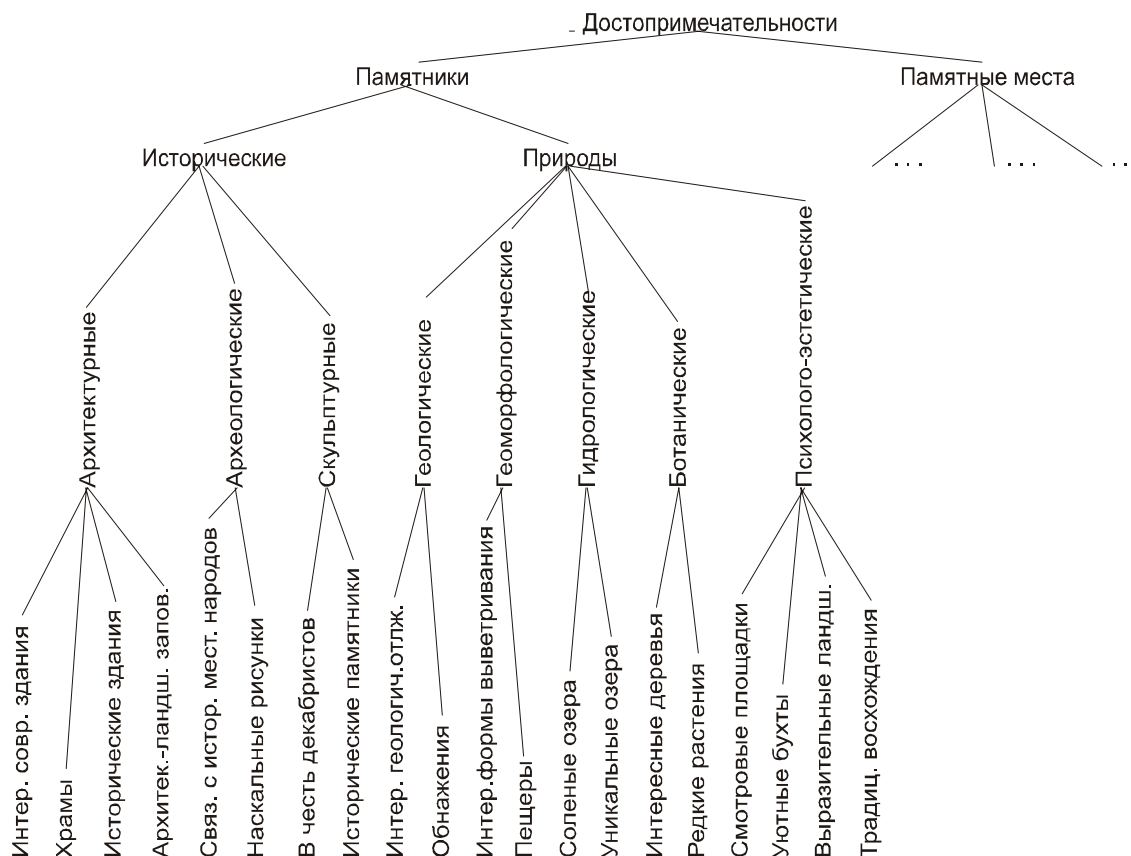


Рис. 1. Классификационная модель исторических и природных памятников юго-западного побережья озера Байкал

мятники имеют двойную ценность: как интересный геологический объект и как культовое место для местных жителей. Однако в связи с тем, что во втором случае он выступает как памятник местного значения, целесообразно обозначить его в качестве памятника природы.

В связи с тем, что карта-схема рассчитана прежде всего для пеших и горно-пешеходных индивидуальных и организованных туристов, отдельная классификация учреждений обслуживания и культуры и отдыха не проводилась, но некоторые объекты, например гостиницы и музеи, на карту-схему нанесены.

Формат данной статьи не позволяет представить карту-схему маршрута в крупном масштабе. Поэтому во избежание загромождения картографического произведения большим количеством условных знаков следует выбрать ряд «приоритетных» памятников. Отбор памятников производится по следующим основным принципам:

- степень известности;
- познавательная ценность;

- выразительность (оценивается через масштабность объекта и фон, его окружающий);
- медико-географические свойства [4].

К дополнительным принципам относятся: насыщенность данного участка маршрута другими памятниками, а также учитывая, на кого рассчитан данный маршрут. Использование этих принципов позволяет обоснованно увеличивать количество наносимых объектов при укрупнении масштаба карты.

Карта-схема (рис. 2) составлена в масштабе 1: 2 500 000 (в статье она представлена в уменьшенном виде). На ней отображена территория озера Байкал с туристскими памятниками юго-западного побережья. Памятники обозначены немасштабными условными знаками. Некоторые объекты (Кругобайкальская железная дорога (КБЖД) и распространение редкого вида растения – эдельвейса) имеют соответственно линейное и площадное простираие. Для них используются соответствующие линейный и площадной условные знаки. Работа выполнена в штриховом варианте в черно-белом графическом исполнении.

Основное достоинство данной работы заключается в попытке на конкретном примере на основе существующей классификации памятников природы и культуры предложить вариант своей классификации объектов туризма, разработать систему условных знаков и принципы отбора достопримечательностей для нанесения их на туристскую карту. Работа оставляет возможность дополнения и усовершенствования предложенной классификации и условных обозначений.

Литература

1. *Атоян Р. В.* Изображение памятников природы на тематических картах // Экологические и медико-географические проблемы природопользования Закавказья (материалы I закавказской географической конференции 1990. С. 353–358.
2. *Атоян Р. В.* О картографии туризма // Геодезия и картография. 1986. № 8. С. 50–52.
3. *Васмут А. С., Атоян Р. В., Дубровец И. А.* Унифицированная система условных знаков для туристских карт // 1997. № 7. С. 38–42.
4. *Гайдукевич Л. М.* Туризм в Беларуси: пособие для студентов факультета международных отношений. Мн.: БГУ, 2001. 133 с.

АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА СТОК РЕКИ ПРИПЯТЬ

А. М. Сафронов

Основополагающими материалами для оценки водных ресурсов и их антропогенных изменений являются данные многолетних гидрологических наблюдений, на основании которых определяются все необходимые гидрологические характеристики.

Однако к выводам, полученным с применением статистических методов, следует подходить осторожно, так как без содержательного анализа условий формирования стока они могут вводить в заблуждение [3]. Данная проблема иллюстрируется автором на примере оценки влияния осушения на речной сток в зоне широкомасштабной мелиорации земель.

Для обеспечения практической точности оценки измерений стока требуются достаточно длительные ряды, охватывающие репрезентативные ряды до и после начала мелиоративных работ. Такие изменения обычно выявляются при площади осушения, превышающей 15–20 % территории водосбора. Наиболее подвержены влиянию осушения малые реки, но продолжительность наблюдений на них (особенно за период с естественным режимом) обычно крайне мала и число пунктов наблюдений также недостаточно [2].

В Беларуси наиболее изучена в зоне интенсивной мелиорации р. Припять, где на водопосту Мозырь гидрометрические наблюдения ведутся уже на протяжении 119 лет (1882–2001 гг.). Этот пост с площадью водосбора в его створе 101 тыс. кв. км является для реки практически замыкающим, интегрально характеризуя всю гамму природных и антропогенных процессов формирования стока на всем бассейне (см. рис.).

С середины 1960-х гг. на р. Припять в течение 20 лет отмечалось увеличение стока более чем на 30 % по сравнению с предыдущей двадцатилеткой, которое некоторые авторы связывали с началом широкомасштабных осушительных работ, охвативших к настоящему времени около 20 % водосборной площади [1, 2]. Осушение земель приводит к улучшению условий поверхностного стока, снижению испарения, а также к временному (до 3–5 лет после начала эксплуатации мелиоративной системы) увеличению сброса воды при сработке влагозапасов почвы до нормы осушения.

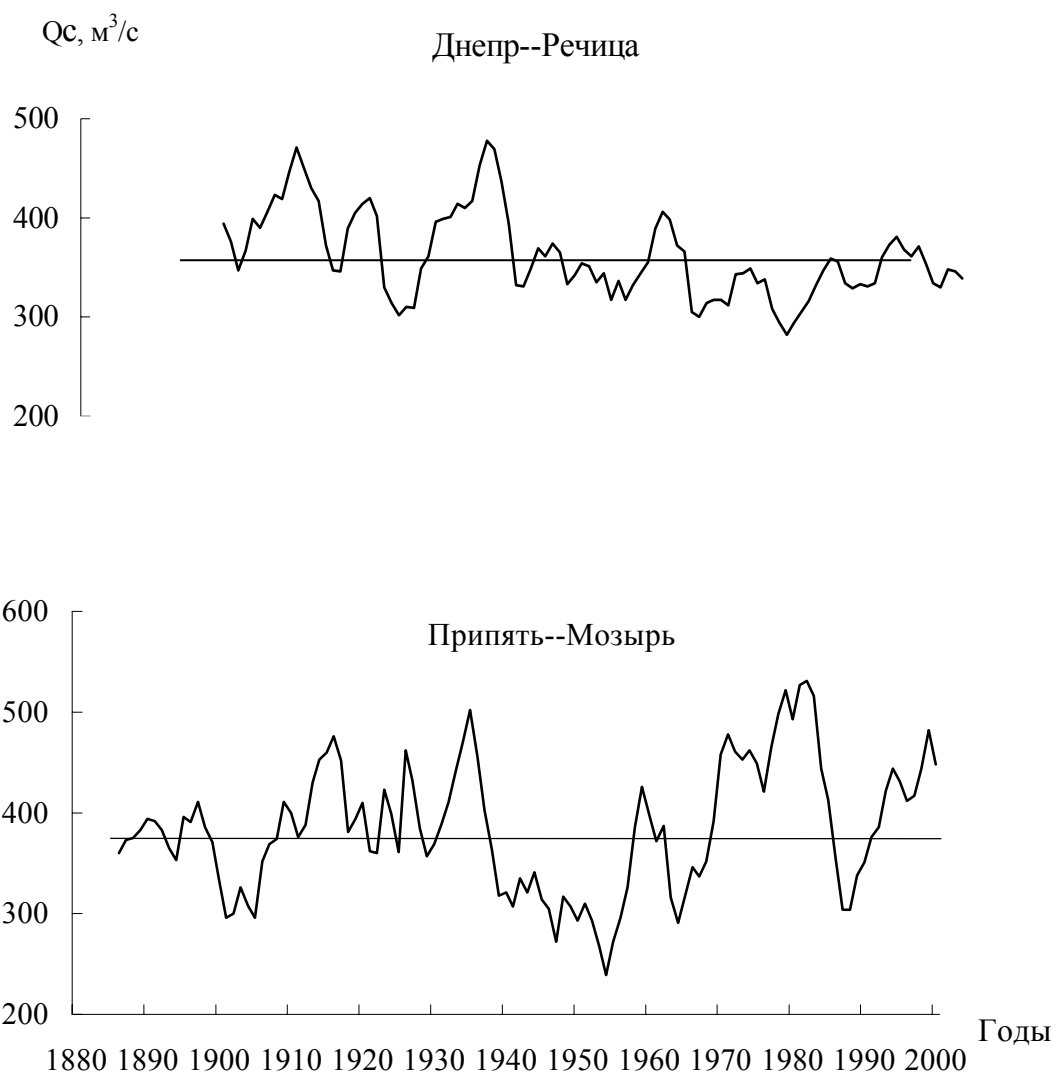


Рис. Колебания речного стока (Q_c) на водопостах Днепр–Речица и Припять–Мозырь по скользящим пятилеткам

В работе сделана попытка подкрепить этот вывод сравнением стока Припяти у г. Мозырь и Днепра у г. Речица. В бассейне последнего масштабы мелиорации значительно ниже за период 1945–1964 и 1965–1985 гг. [1]. Однако ввиду отсутствия в анализе причин и особенностей статистически очень существенных природных колебаний стока в указанные периоды вывод о его увеличении является, на взгляд автора, неубедительным.

Об этом свидетельствует сопоставительный анализ колебаний стока р. Припять у Мозыря и р. Днепр у Речицы за 118 лет (1882–2000 гг.) по скользящим пятилеткам. Каждая точка на графике соот-

ветствует средней величине стока за предшествующую пятилетку. Как отчетливо видно на рисунке, периоду 1945–1964 гг. на р. Припять соответствует понижение водности, а периоду 1965–1983 гг. – повышение, в то время как в створе Днепр-Речица, принятому в исследованиях ряда авторов в качестве основного аналога при определении изменений стока р. Припять, первый период по водности был почти таким же, как и последующий. Это и привело к некорректному выводу (методом аналогии) относительно происшедшего увеличения стока р. Припять за период 1965–1983 гг., совпавшего с началом массового осушения земель.

В хронограмме стока р. Припять в довоенный период уже наблюдалась аналогичная смена циклов пониженной (1886–1908 гг.) и повышенной (1909–1935 гг.) водности. После 1983 г. на р. Припять вновь началось резкое снижение стока, а с 1990 г. – его значительное повышение. Последнее нельзя объяснить влиянием нового осушения, которое в этот период в бассейне почти прекратилось. В 1983–2000 гг., как и в предыдущие периоды, отмечается четко выраженная противофаза (асинхронность) в колебаниях стока рек Припять и Днепр, обусловленная существующими большими территориально-временными различиями: значительная часть стока р. Припять формируется на юго-западе (в том числе в предгорьях Карпат), на расстоянии до 1 тыс. км от верховьев Днепра.

В связи с изложенным вывод о существенном увеличении стока р. Припять в результате мелиорации не находит подтверждения и по данным последних лет. Единственный фактор, который мог бы заметно повлиять на речной сток непродолжительное время после осушения, – сработка вековых запасов подземных вод. Однако, как показали расчеты, ее величина (с учетом площади осушенных земель и зоны их влияния на водосборе р. Припять по принятой схеме осушения) не превышает 3 % нормы стока, т. е. находится в пределах точности гидрологических расчетов. Отчасти отсутствие заметного влияния масштабного осушения земель на сток крупных рек, каковой является Припять, может быть объяснено и компенсационными факторами (асинхронность формирования стока в разных частях бассейна, потери воды на шлюзование и др.).

Однако в целом проблема оценки влияния осушения на речной сток еще не получила достаточного научного обоснования, позволяющего давать надежные прогнозные выводы, особенно по водосборам малых рек. Это объясняется преобладанием формальных статистиче-

ских подходов к оценке антропогенных изменений стока, отсутствием надежных теоретических водобалансовых схем, а также слабой изученностью механизма взаимосвязи природных и хозяйственных звеньев круговорота воды в пределах речных бассейнов.

Литература

1. Дрозд В. В., Маркова С. Н., Петлицкий Е. Е. Влияние осушительной мелиорации на сток реки Припять // Инженерно-гидрологическое обоснование водохозяйственных мероприятий. 1986. С. 3–9.
2. Кудельский А. В., Гречко А. М., Кривецкая Г. Д. и др. Постмелиоративные изменения в структуре водного баланса и качестве природных вод Белорусского Полесья // Водные ресурсы. 1992. С. 5–15.
3. Макаревич А. А., Плужников В. Н. Анализ гидрометрических данных по стоку р. Припяти за 1882–1994 годы // Прикладная лимнология: Сб. науч. ст. Вып. 2 / Под общ. ред. П.С. Лопуха. Мн.: БГУ, 2000. С. 83–87.

РОЛЬ ГОРОДОВ В ЗАГРЯЗНЕНИИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД (НА ПРИМЕРЕ БАСЕЙНА РЕКИ НЕМАН)

Е. Г. Кольмакова

Влияние рассредоточенных источников загрязнения на качество поверхностных вод является преобладающим (от 40 до 90 %), но оценить их представляется довольно сложным, в отличие от точечных источников загрязнения. Последним хоть и принадлежит меньшая доля в объеме загрязняющих веществ, но они представляют серьезную опасность, поскольку загрязнение носит сконцентрированный характер: на относительно небольших по площади территориях происходит образование, накопление и вынос огромного объема загрязняющих веществ. Это создает высокую антропогенную нагрузку на саму территорию точечных загрязнений, а также непосредственно влияет на участки, расположенные ниже по течению.

Города играют роль сосредоточенных источников загрязнения поверхностных вод. Поступление загрязняющих веществ с урбанизированных территорий осуществляется с поверхностным смывом, городскими стоками, сбросом сточных вод. Города, концентрирующие в себе крупные промышленные предприятия и предприятия ЖКХ, являются важнейшими загрязнителями поверхностных вод. Оценить роль городов как сосредоточенных источников загрязнения водотоков стало целью данного исследования.

Эта проблема была изучена на примере бассейна р. Неман. В целях исследования был рассмотрен ряд гидрохимических постов, обес-

печенных гидрологической информацией: р. Неман – г. Гродно, р. Неман – г. Мосты, р. Неман – г. Столбцы, р. Щара – г. Слоним, р. Исса – г. Слоним, р. Котра – г/п. Сахкомбинат, р. Вилия – г. Вилейка, р. Вилия – г. Сморгонь, р. Лидея – г. Лида, р. Валовка – г. Новогрудок, р. Гожка – г. Гродно. В качестве исследуемых компонентов использовались NH_4^+ , NO_2^- , нефтепродукты, P, Fe, Cu, Zn, Ni, Mn. Из сборников Государственного водного кадастра за различные по водности годы за период с 1993 по 1997 гг. отобран материал по концентрациям в створах загрязняющих веществ и среднемесячным расходам воды [1, 2].

На основании специальной методики рассчитан объем выноса загрязняющих веществ, проходящий через пункты контроля качества воды. Наличие в большинстве изучаемых гидрохимических постов двойных створов (выше и ниже по течению от населенного пункта) позволило установить долю химического стока, формирующегося непосредственно на урбанизированной территории, т. е. роль населенных пунктов в загрязнении водотока. Расчет структуры химического стока (соотношение загрязняющих веществ) выявил различие в приоритете загрязнения тем или иным компонентом.

В результате проведенного исследования были сделаны следующие выводы.

- Все рассмотренные населенные пункты можно классифицировать на три группы по их роли в загрязнении водотоков:
 - Гродно, Мосты. Высокий суммарный химический сток (в среднем 1482 и 1373 т соответственно) объясняется концентрацией «грязных» промпредприятий, в частности химической и деревообрабатывающей отраслей (в Гродно – «Агрохим», «Азот», «Химволокно», «Гроднодрев», в Мостах – «Мостодрев»), а также крупных участков УВКХ.
 - Вторую группу составляют Сморгонь, Столбцы, Слоним, Вилейка. Это малые и средние города, суммарный химический сток в которых на порядок ниже – несколько сотен тонн в год. Главными источниками загрязнения являются одно-два градообразующих предприятия.
 - Новогрудок, Лида, Сахкомбинат. Это населенные пункты, водотоки которых выносят относительно небольшой объем загрязняющих веществ, но с учетом маловодности этих рек проблема загрязнения стоит не менее остро.

- Главным загрязнителем среди всех изученных населенных пунктов является азот аммонийный (в среднем на его долю приходится 29,8 %), на втором месте – фосфор общий (26,5 %), далее следуют нефтепродукты (20,0 %), железо общее (15,4 %). Вместе на их долю приходится около 92 % суммарного химического стока.

- Сложилась следующая картина приоритетных загрязняющих веществ, участвующих в формировании химического стока с урбанизированных территорий: более всего в относительном выражении азота аммонийного формируется в пределах г. Вилейки (62 %), по азоту нитритному лидирует г. Слоним (20,4 %), по нефтепродуктам – Сморгонь и Слоним (по 30,0 %), железу – Сморгонь (43,4 %), по меди – Гродно и Сахкомбинат, цинку – Слоним, никелю – Гродно, марганцу – Сахкомбинат.

- На изменение величины химического стока, формирующегося в пределах урбанизированных территорий, влияли причины климатического и социально-экономического плана. Под первой причиной понимается влияние климата на водность года, а в связи с этим и на объем выносимых загрязняющих веществ. Она является доминирующей и объясняет приуроченность максимального и минимального объемов химического стока к много- и маловодному году соответственно. Под социально-экономической причиной подразумевается преимущественное влияние на качество речных вод предприятий промышленности и демографической нагрузки. Этим объясняется общая тенденция к снижению поступления загрязняющих веществ до 1996 г. и последующему его медленному росту, что довольно хорошо согласуется с динамикой промышленного производства в 90-е гг.

- В целом с некоторой долей условности можно утверждать, что рассмотренные города в бассейне Немана ответственны более чем за $\frac{1}{4}$ (точнее, 28,5 %) объема загрязняющих веществ, выносимых р. Неман с площади водосбора (в границах Беларуси). Среди других следует отметить г. Гродно, на долю которого приходится $\frac{1}{10}$ часть (10,6 %). Роль остальных городов в загрязнении поверхностных вод бассейна менее значительна. Особую роль при этом приобретают процессы самоочищения речных вод, в связи с чем трудно точно рассчитать долю этих городов в суммарном химическом стоке в замыкающем створе (р. Неман – ниже г. Гродно).

- В средний по водности год с территории Беларуси рекой Неман на территорию сопредельного государства (Литовской Республики)

выносятся до 14 тыс. тонн загрязняющих веществ (и это только по изучаемым компонентам), в связи с чем встает проблема трансграничного переноса загрязнения водотока.

Таким образом, данное исследование позволило установить роль городов как источников загрязнения поверхностных вод бассейна Неман, определить приоритетные загрязнители речных вод, выявить различия в загрязнении населенных пунктов в связи с особенностями антропогенной нагрузки, понять причины, влияющие на динамику этого явления.

Литература

1. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о качестве поверхностных вод (за 1993–1997). Мн.: Гос. изд. РБ, 1994–1998.
2. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод (за 1993–1997). Мн.: Гос. изд. РБ, 1994–1998.

Научное издание

**СБОРНИК РАБОТ
59-Й НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
СТУДЕНТОВ И АСПИРАНТОВ
БЕЛГОСУНИВЕРСИТЕТА**
Минск, 15-17 мая 2002г.

В трех частях

Часть 1

В авторском издании

Ответственный за выпуск *А. Г. Захаров*

Компьютерная верстка *Л. С. Кошелевич, И. Н. Подгурская*

Налоговая льгота – Общегосударственный классификатор
Республики Беларусь ОК РБ 007-98, ч.1; 22.11.20.400.

Оригинал-макет подготовлен Отделом НИРС Управления подготовки научно-педагогических кадров высшей квалификации и науки Белгосуниверситета

Подписано в печать Формат 60[±]84/16. Бумага офсетная.
Печать офсетная. Усл.печ.л. 17,78. Уч.-изд. л. 19,09. Тираж

Белорусский государственный университет
Лицензия ЛВ № 315 от 14.07.98.
220050, Минск, пр. Ф. Скорины, 4.

Республиканское унитарное предприятие
«Издательский центр БГУ».
Лицензия ЛП № 461 от 14.08.01.
220030, Минск, ул. Красноармейская, 6.