

ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ВОЛНОВОЙ ДИАГНОСТИКИ МАТЕРИАЛОВ И СРЕД

В. И. Иванов, А. Н. Лазарчик

Основной направленностью научно-технической деятельности лаборатории физики быстропротекающих процессов НИИ ЯП является разработка методов и систем многопараметрической диагностики материалов и сред, основанных на использовании оптического, ультразвукового и радиоволнового излучений.

В первые годы существования лаборатории доминирующей задачей являлась разработка методов и систем дистанционной лазерной диагностики стохастических рассеивающих поверхностей и сред для решения ряда прикладных специфических задач. На основе имеющегося задела в области дистанционной лазерной диагностики [1–4] с учетом специфики решаемых задач и их применения выполнен комплекс работ для дистанционного определения оптических характеристик атмосферы и океана, поверхностного волнения, дистанционной спектрометрии сверхмалых акустических колебаний и отражающих характеристик шероховатых поверхностей [5–23]. Предложены новые способы и разработаны системы измерения оптических характеристик рассеивающих сред на комбинированных трассах «атмосфера – гидросфера» [5–7], подстилающей поверхности [8]; лазерно-локационного определения объемных характеристик объектов, панорамной лазерной диагностики мелкомасштабного поверхностного волнения для дистанционного обнаружения подводных течений, взрывов и движущихся заглубленных объектов по их поверхностным проявлениям [9–19]; частотной лазерной спекл-спектрометрии сверхмалых акустических колебаний шероховатых поверхностей для дистанционной вибродиагностики объектов, а также их классификации на основе анализа собственных акустических колебаний и ряда других физических параметров [8, 20–23].

В постчернобыльский период, характеризующийся достаточно высоким уровнем загрязнения окружающей среды радионуклидами и химическими веществами техногенной природы, направленность деятельности лаборатории существенно изменилась.

С момента чернобыльской катастрофы большая часть населения республики хронически испытывает достаточно сильное мутагенное давление сочетательного типа, включая радиационные и токсические воздействия. Данный фактор может оказать критическое влияние на генетический статус человеческой популяции в Республике Беларусь, например в форме резкого увеличения частоты и тяжести генетических и онкологических заболеваний. Поэтому важной задачей является минимизация дополнительных лучевых нагрузок на организм человека, в частности, обусловленных рентгеновскими методами диагностики в медицинской практике. В этом плане совместно с 29-й поликлиникой г. Минска, РНПЦ «Кардиология» и предприятием «КОНФОРМ» лабораторией разработаны и созданы опытные образцы приборов, основанные на энергетической и много-частотной ультразвуковой доплеровской локации тканей и сосудов человека, позволяющие минимизировать, а в ряде случаев полностью исключить рентгенов-

ское излучение при диагностике заболеваний лобных и гайморовых пазух, диагностике мозгового кровообращения, коронарографии.

В условиях высокого мутагенного риска в постчернобыльский период чрезвычайно важной задачей является оперативная оценка и прогноз генетических изменений у населения республики. Вместе с тем объективная оценка генетического здоровья нации может быть получена только при осуществлении широкомасштабного постоянно действующего мониторинга поглощенных биологических доз радиоактивного излучения организмом человека с выявлением генетических изменений.

Оптимальным методом оценки генетического дрейфа и реконструкции поглощенных биологических доз является цитогенетический метод, основанный на анализе структурных и числовых aberrаций хромосом человека. Однако в связи с необходимостью анализа и систематизации информации большого количества цитогенетических препаратов и трудоемкостью их анализа, особенно в случае оценки числовых aberrаций, реализация цитогенетического метода в рамках широкомасштабного генетического мониторинга требует создания сети диагностических лабораторий, оснащенных 10–15 специальными высокопроизводительными компьютеризированными системами анализа хромосом.

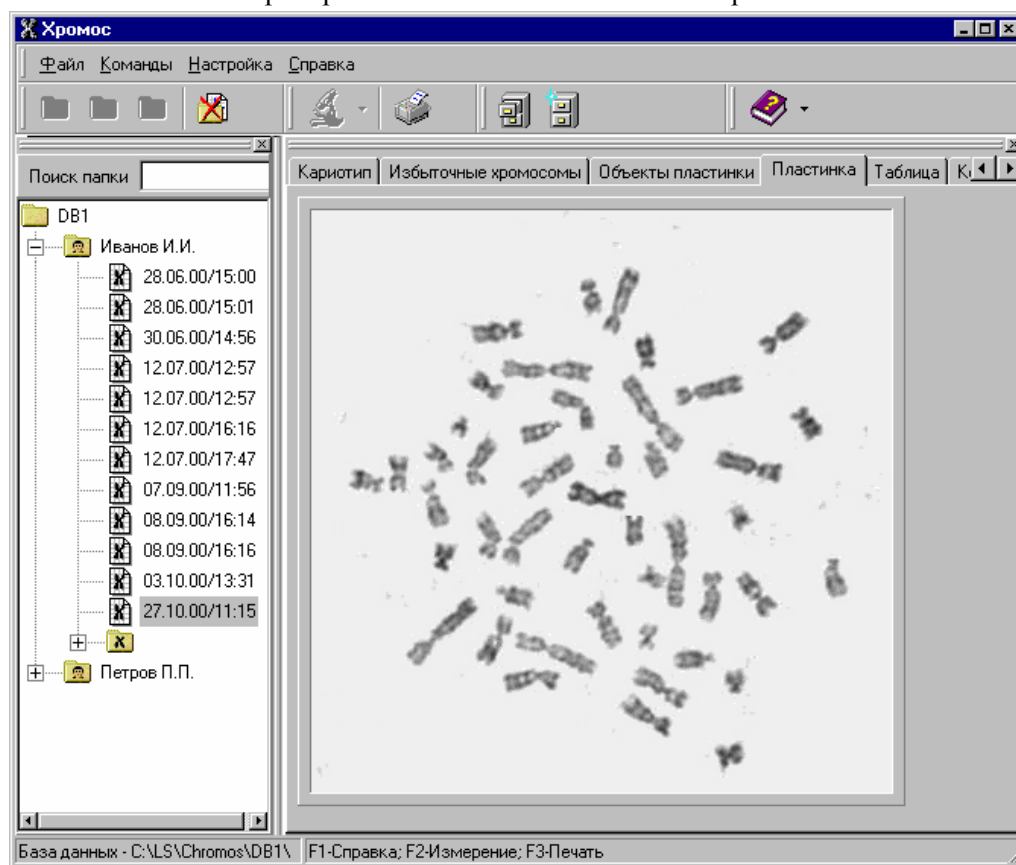


Рис. 1. Исходное изображение метафазной пластинки

Высокая стоимость зарубежных аппаратов и отсутствие отечественных разработок в этой области обусловили необходимость разработки и создания относительно недорогих компьютерных систем для генетического мониторинга.

Одним из первых шагов в этом направлении явилась разработка и создание в сотрудничестве с НИКИ радиационной медицины и эндокринологии в рамках программы «Радиоэкология» компьютерного анализатора хромосом [24], обеспечивающего повышение производительности анализа хромосом и реконструкции поглощенных биологических доз более чем в 100 раз, по сравнению с традиционными методами визуальной микроскопии, преимущественно используемой в Республике Беларусь.

Аппаратная часть системы включает высокоразрешающий оптический микроскоп, блок съема, выполненный на основе цветной камеры с жестким расстром, и цифровую кодировку изображений цитогенетических препаратов, блок управления шаговыми приводами предметного стола и узла точной фокусировки микроскопа, скоростную ПЭВМ.

Программная часть системы обеспечивает ввод и электронное редактирование изображения биопрепарата, сегментацию изображения на отдельные изолированные объекты, решение задачи распознавания: является ли каждый конкретный

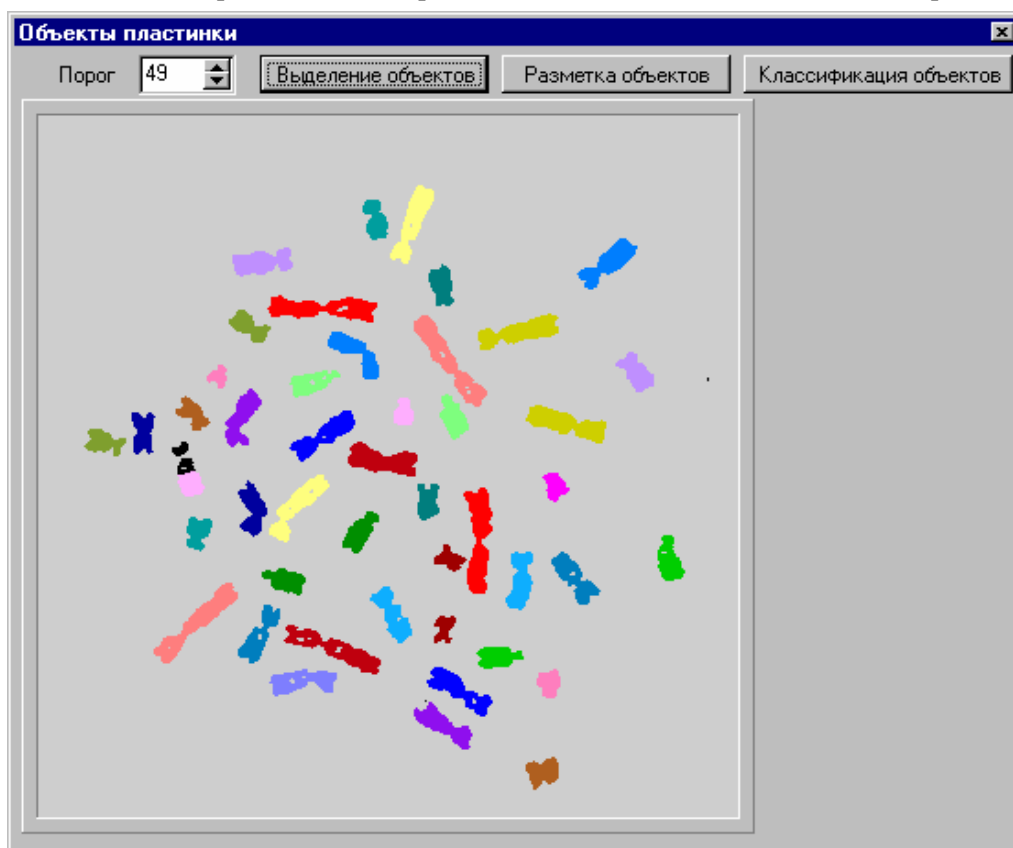


Рис. 2. Объекты пластинки, выделенные процедурой сегментации изображения

объект хромосомой, если да, то осуществляется измерение его морфометрических параметров, таких как площадь хромосомы, ее длина, периметр, длины плеч, по которым вычисляются плечевой и центромерный индексы хромосомы, суммарная длина всех хромосом и осуществляется нормировка длины каждой хромосомы по отношению к суммарной длине всех хромосом конкретной группировки (метафазной пластинки). Затем осуществляется классификация хромосом по их длине и центромерному индексу и построение кариотипа (т. е. портрета биологического вида) в соответствии с Денверской международной классификацией. Одновременно ведется учет дицентрических и кольцевых хромосом, являющихся маркерами радиационного воздействия, пропорциональная зависимость между частотой появления и дозой, как показано рядом исследователей, становится устойчивой с дозы в 0,02 Гр.

В отличие от известных систем автоматизированного анализа хромосом программная часть данной системы ориентирована на обработку больших массивов хромосомного материала. Интерфейс пользователя оптимизирован для задач массового обследования населения и позволяет оператору быстро подбирать наилучшее сочетание автоматических методов анализа и ручной корректировки их результатов на всех этапах обработки метафазной пластинки. Это дает возможность значительно повысить стабильность и достоверность результатов анализа.

На приведенных рисунках показаны программные окна, отображающие основные стадии анализа метафазной пластинки препарата.

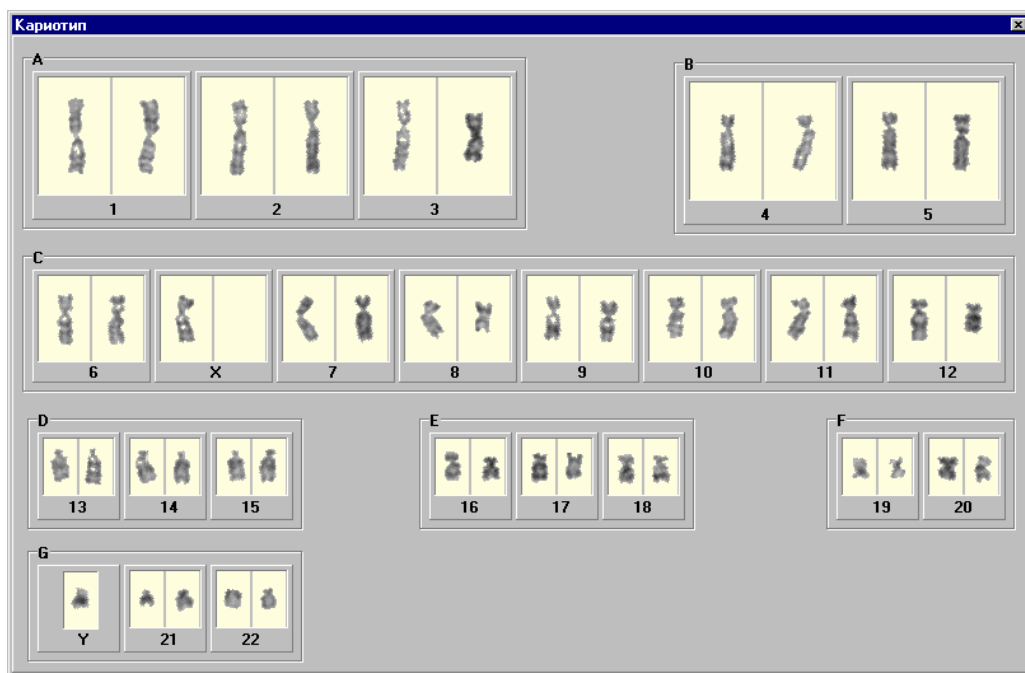


Рис. 3. Кариотип, построенный по результатам классификации объектов

Все алгоритмы, использованные в программе (выделение объектов, их разметка и классификация), являются оригинальными и по ряду показателей превосходят аналогичные известные алгоритмы.

Наряду с высокой производительностью одним из самых важных достоинств компьютерного анализа является возможность обнаружения начальных аномалий хромосом по числовым характеристикам их морфометрических признаков, а также автоматическое построение и документирование кариотипа.

Для полной реализации достоинств компьютерного анализа хромосом требуется совершенствование методик подготовки цитогенетических препаратов, в частности, направленных на минимизацию вариабельности длины хромосом в различных метафазных пластинках, минимизацию числа клеток, включившихся во 2-й и 3-й митозы; обеспечение оптимального разброса хромосом, минимизирующего число их поперечных наложений и исключаяющих продольные наложения; совершенствование методов окраски хромосом, повышающих их контрастность для возможности четкого обнаружения центромеры, спутников хромосом, хромосомного материала.

Хромосома	Площадь	Длина	П.индекс	Ц.индекс
A1(1)	513	57.1	1.08	0.48
A1(2)	551	57.6	1.11	0.47
A2(1)	538	56.2	1.58	0.39
A2(2)	509	55.6	1.96	0.34
A3(1)	466	54.7	1.43	0.41
A3(2)	422	38.5	1.10	0.48
B4(1)	411	43.0	2.54	0.28
B4(2)	403	44.0	2.86	0.26
B5(1)	432	44.9	2.84	0.26
B5(2)	446	43.7	1.53	0.40
C6(1)	362	38.1	1.79	0.36
C6(2)	360	38.4	1.42	0.41
CX(1)	333	36.3	1.39	0.42
CX(2)				
C7(1)	304	35.5	1.41	0.42
C7(2)	359	35.6	1.88	0.35
C8(1)	268	28.7	1.61	0.38
C8(2)	214	23.6	1.29	0.44
C9(1)	297	33.4	1.74	0.36
C9(2)	313	33.2	1.93	0.34
C10(1)	307	31.0	2.17	0.32
C10(2)	309	32.2	1.98	0.34
C11(1)	311	33.7	2.06	0.33
C11(2)	321	33.5	1.96	0.34
C12(1)	345	32.9	2.67	0.27
C12(2)	238	25.2	2.09	0.32
D13(1)	233	23.5	3.96	0.20

Рис. 4. Значения морфометрических параметров хромосомного набора

Данную проблему успешно решают сотрудники Научно-исследовательского клинического института радиационной медицины и эндокринологии Минздрава Республики Беларусь С. Б. Мельнов, С. Е. Семерихина и др.

Наряду с совершенствованием методик подготовки цитогенетических препаратов для решения задачи широкомасштабного генетического мониторинга нами осуществляется разработка методик и программ для статистической обработки результатов мониторинга, установления корреляционных связей между частотой генетических аномалий и экологическим состоянием территорий, социальным статусом, возрастом и общим состоянием здоровья обследуемых, разработка программ для формирования компьютерных баз данных.

В плане изучения более тонкой морфологии генетических изменений на молекулярном уровне хромосом, например исследования распределения и концентрации ДНК и других хромосоמוобразующих веществ, дальнейшее совершенствование компьютерного анализа хромосом осуществляется по пути освоения методик селективной окраски хромосом и разработки программно-аппаратных средств для высокоточного измерения спектрофотометрических характеристик хромосом при ультрафиолетовом возбуждении.

Литература

1. Иванов В. И., Малевич И. А. // Тез. докл. 5-го Всесоюз. симпоз. по распространению лазерного излучения в атмосфере. Томск, 1979. С. 3–7.
2. А. с. 803682 СССР. Способ дистанционного измерения оптических характеристик атмосферы / В. И. Иванов, И. А. Малевич, В. И. Скоморощенко. 1980.
3. А. с. 839387 СССР. Информационно-измерительная система для многопараметрического анализа атмосферы / В. И. Иванов, И. А. Малевич, В. И. Скоморощенко. 1981.
4. Иванов В. И., Малевич И. А., Чайковский А. П. Многофункциональные лидарные системы. Мн., 1986.
5. А. с. 1626913 СССР. Способ дистанционного измерения оптических характеристик атмосферы и гидросферы / В. И. Иванов, А. Н. Лазарчик, В. И. Скоморощенко. 1989.
6. А. с. 1582797 СССР. Дальномер для локационной системы / С. С. Ануфрик, В. И. Иванов, В. И. Скоморощенко, Э. Ю. Стефанович. 1989.
7. В. И. Иванов // Перспективные методы планирования и анализа экспериментов при исследовании случайных полей и процессов: Тез. докл. 3-й Всесоюз. конф. М., 1988. Ч. 2. С. 179–180.
8. А. с. 1512305 СССР. Способ лазерно-локационного измерения коэффициентов отражения / В. И. Иванов. 1989.
9. А. с. 1593429 СССР. Способ стереометрической оптической локации / В. И. Иванов. 1989.
10. А. с. 1591621 СССР. Способ определения рельефа лоцируемого объекта при импульсной локации / В. И. Иванов. 1989.
11. А. с. 1517048 СССР. Устройство для считывания изображений / В. И. Иванов, А. А. Рускевич, О. Э. Шукело, А. Н. Южаков. 1990.
12. А. с. 1508251 СССР. Устройство для считывания изображений / В. И. Иванов, А. А. Рускевич, О. Э. Шукело, А. Н. Южаков. 1990.
13. Иванов В. И., Лазарчик А. Н. // Методы и средства дистанционного зондирования Земли и обработка космической информации в интересах народного хозяйства: Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. конф. Рязань, 1989. Ч. 1. С. 43–45.
14. Иванов В. И., Рускевич А. А., Южаков А. Н. // Проблемы комплексной автоматизации гидрофизических исследований: Тез. докл. 5-й Всесоюз. конф. Севастополь, 1989. С. 167–169.

15. *Иванов В. И., Лазарчик А. Н.* // Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана. 1990. Т. 26, № 16. С. 1205–1210.
16. *Иванов В. И., Лазарчик А. Н.* // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 1992. Т. 28. № 3. С. 319–324.
17. *Иванов В. И.* // Методы и средства дистанционного зондирования Земли и обработка космической информации в интересах народного хозяйства: Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. конф. Рязань, 1989. Ч. 1. С. 39–41.
18. *Иванов В. И.* // Высокоскоростная фотография, фотоника и метрология быстротекущих процессов: Тез. докл. 14-й Всесоюз. науч.-техн. конф. М., 1989. С. 114.
19. А. с. 1609300 СССР. Устройство обработки сигналов лазерного доплеровского анемометра / В. И. Иванов, А. А. Рускевич, О. Э. Шукело, А. Н. Южаков. 1990.
20. А. с. 1518728 СССР. Способ определения параметров эллипса поляризации / В. Н. Цвирко, В. И. Иванов, И. В. Сташкевич, 1989.
21. *Иванов В. И., Рускевич А. А., Южаков А. Н.* // Приборы и техника эксперимента. 1989. № 1. С. 180–183.
22. *Иванов В. И., Цвирко В. Н., Южаков А. Н.* // Оптический, радиоволновой и тепловой методы неразрушающего контроля: Тез. докл. Всесоюз. конф. Могилев, 1989. Ч. 2. С. 147–148.
23. *Иванов В. И., Лазарчик А. Н.* // Вузовская наука: Тр. междунар. науч.-техн. конф., Мн., 2000. С. 163–167.

RESEARCH AND DEVELOPMENTS IN THE AREA OF MULTI-PARAMETRICAL WAVE DIAGNOSTICS OF MATERIALS AND MEDIUMS

V. I. Ivanov, A. N. Lazarchik

The main direction of scientific activity of the laboratory of physics of fast processes is development of the methods and systems for multi-parametrical diagnostics of different materials and media based on the usage of radio, ultrasonic and optical radiation. At earlier years of existence the laboratory was engaged in development of the methods and devices for laser remote diagnostics of stochastic scattering surfaces and media for specific applied purposes. In recent years the main efforts are concentrated on problems of overcoming of Chernobyl catastrophe consequences. In this direction several diagnostic systems were developed, in particular high-speed automatic system for analysis of human chromosomes was created for investigation and diagnostics radiation influence on genetic state of population of Republic of Belarus.