

УДК 622**АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭФФЕКТА ДОПЛЕРА ПРИ ИЗУЧЕ-
НИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ**

Балясников М.А., студент гр. ДНГГС-11, I курс
Научный руководитель: Ревина А.В., к.т.н., доцент
Астраханский государственный технический университет
г. Астрахань

Геологическая активность является одним из объектов изучения геофизики. В геофизике используют различные методы изучения геологической активности, однако из-за различных факторов, таких как погодные условия, вид активности (извержение вулкана, оползни, сели и др.), контактные методы исследования либо невозможны, либо опасны, поэтому широкое распространение приобрели дистанционные методы исследования.

Одним из способов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) является радиолокационное зондирование (РДЗ), использующее диапазон электромагнитных волн для анализа поверхности. Данный способ обеспечивает регистрацию изменения рельефа [1], а также позволяет фиксировать выход на поверхность коренных горных пород. В геофизике активно используются радары, использующие диапазон электромагнитных волн, в основу работы которых заложен эффект Доплера [2].

Эффект Доплера характеризуется изменением частоты волны при движении источника или приёмника этой волны относительно друг друга. При увеличении расстояния между источником и приёмником частота, фиксируемая приёмником будет меньше и наоборот, если расстояние уменьшается, то частота будет выше. Также стоит отметить, что важным этапом развития эффекта Доплера стал вклад ученого Виктора Чена, который в 2000 году ввел концепцию микродвижений и микродоплера в радиолокационных исследованиях [2]. Микродвижения объекта вызывают изменения частоты отраженного сигнала, проявляющихся в виде боковых полос в окрестности доплеровского сдвига (рис.1) [2]. Как отмечает М. Н. Раимкулов (2011), «Логика действия и описания эффекта Доплера для электромагнитных и звуковых волн идентична» [3].

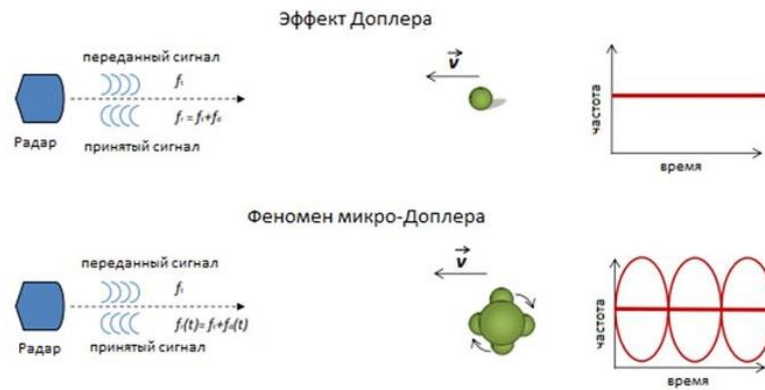


Рис.1. Принцип работы концепции микродоплера [1].

Из современных методов ДЗЗ (оптическое, тепловое, гиперспектральное) радиолокационное зондирование отличается возможностью работы в неблагоприятных условиях [1] и возможностью регистрации динамических изменений объектов наблюдения (благодаря эффекту Доплера), что делает данный способ достаточно универсальным для использования. Радиолокационный метод зондирования относится к активному, то есть регистрирует искусственно созданное излучение (рис.2) [1].



Рис.2. Иллюстрация работы активного метода ДЗЗ [1].

Как уже было сказано выше, в геофизике активно используются радары, основанные на эффекте Доплера, — доплеровские радары. Так доплеровские радары могут применяться для изучения морских течений. Однако стоит учитывать, что доплеровский радар способен измерить только ту скорость течения, вектор которой направлен прямо на радар, поэтому при картировании морских течений удобно использовать два и более радара (рис.4) [4]. Один радар также позволяет создавать карты течений, но его приходится перемещать из одной точки в другую для получения различных векторов скорости в разные моменты времени [4]. Например, как показано в исследовании [4], на рис.3 представлены два поля в интервале 3 ч, полученные в районе Куршской косы.

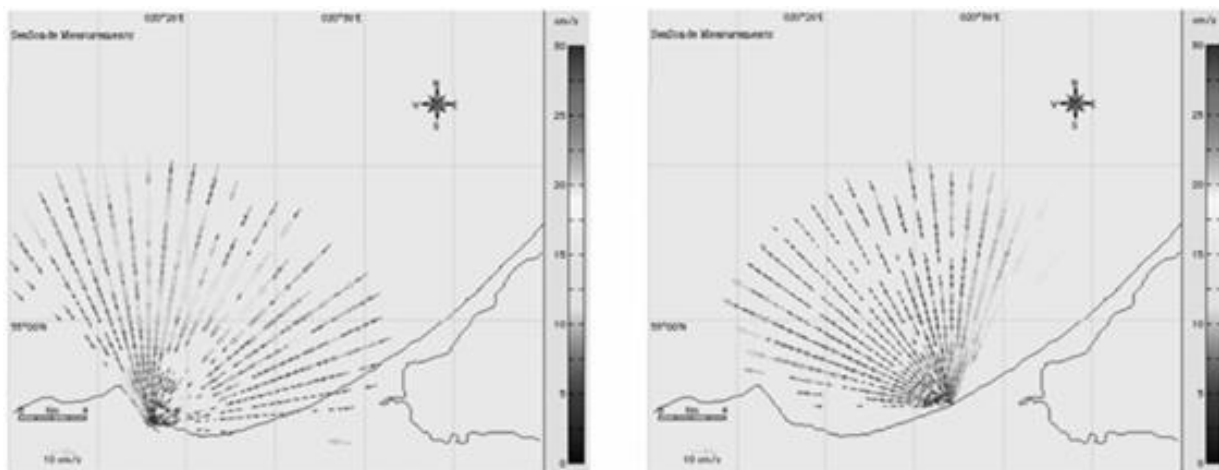


Рис.3. Картины радиальных компонент скорости течений в двух точках измерения, полученные с интервалом 3 ч [4].

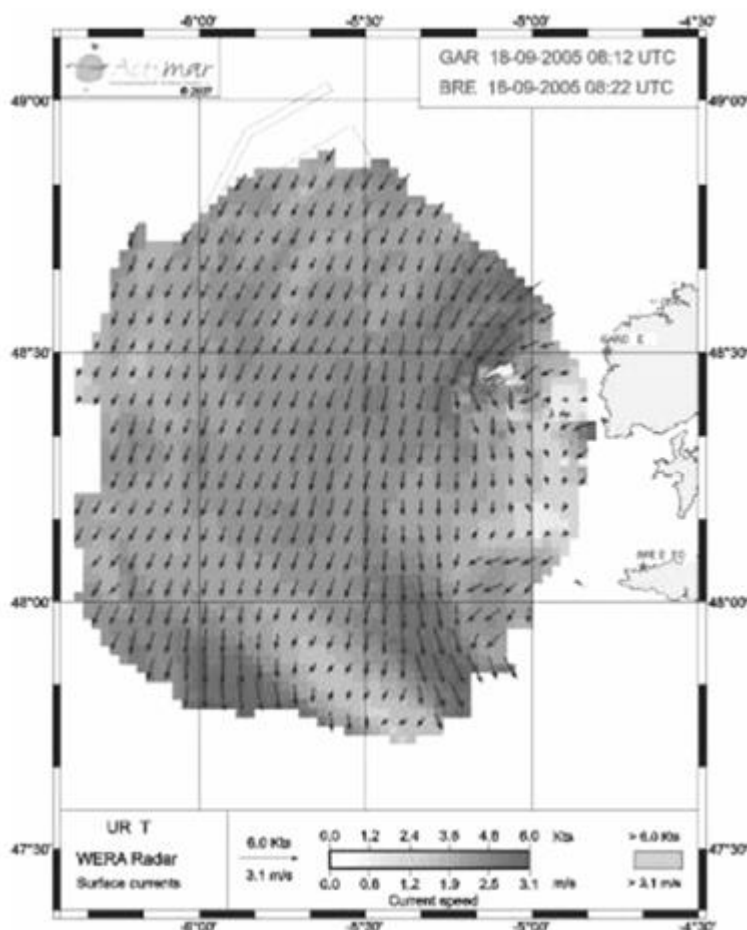


Рис.4. Картина поля течений, полученная двумя разнесенными на 50 км радарами, вблизи Бреста [4].

Доплеровские радары также используются в метеорологии для изучения осадков. Однако для практического применения требуется сравнительный анализ измерений, где эталоном могут выступать наземные данные [5]. Изучение

осадков, скорости их перемещения и интенсивности может стать основой при прогнозировании выветривания различных горных пород, которое способно приводить к опасным природным явлениям, таким как сели и оползни.

Таким образом радары, основывающиеся на эффекте Доплера, являются востребованными инструментами при изучении геологической активности различного характера.

Список литературы:

1. Базарбаева, С. системы и технологии для дистанционного зондирования Земли / С. Базарбаева, Т. К. Куатбаева // Наука и инновационные технологии. – 2024. – № 2(31). – С. 88-95. – URL: <https://www.elibrary.ru/mzdaqv> (дата обращения: 11.03.2026)

2. Колесников, Ю. Д. Распознавание признаков движущихся объектов с использованием феномена микро-Доплера : выпускная квалификационная работа / Ю.Д. Колесников, науч. рук. Д.И. Ушаков. - Белгород, 2019. - 62 с. – URL: <http://dspace.bsu.edu.ru/handle/123456789/37653>. (дата обращения: 13.03.2026)

3. Раимкулов, М. Н. Эффект Доплера для электромагнитных волн / М. Н. Раимкулов // Известия Национальной Академии наук Кыргызской Республики. – 2011. – № 1. – С. 25-28. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27372026> (дата обращения: 13.03.2026)

4. Андреев, А. Ю. Применение доплеровских радаров КВ-диапазона для контроля течений в акваториях освоения морского шельфа / А. Ю. Андреев, В. В. Горбачкий // Труды Центрального научно-исследовательского института им. академика А.Н. Крылова. – 2012. – № 68(352). – С. 29-36. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17795743> (дата обращения: 21.03.2026)

5. Лиев, К. Б. Определение степени точности измерения осадков с помощью радиолокаторов ДМРЛ-С и МРЛ-5 / К. Б. Лиев, В. С. Инюхин, С. А. Куцев // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2023. – № 4(60). – С. 41-49. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=59942295> (дата обращения: 22.03.2026)

