

Каспийское море: морфометрические характеристики и стохастическое моделирование

Caspian Sea: Morphometrics & Stochastic Modelling

Олибий Йшولا

Olubiy Iishola

Многие модели пластов базируются на насыщении пластовых зон объектами, размеры которых взяты из статистических баз данных для аналогичных песчаных тел. Хотя этих признаков может быть достаточно для характеристики однорукавных русел, они не описывают в достаточной мере разветвленные сети, как например дельтовые рукава.

В настоящем исследовании рассматривается определение морфометрических параметров дельтовых рукавов с использованием данных спутниковой съемки современной дельты реки Волга в России.

Дельта Волги представляет собой наиболее яркий пример устья с преобладанием речных наносов, которое характеризуется отчетливо выраженным рукавным ветвлением. В дельте палео-Волги, в продуктивной толще плиоценовых нефтеносных пластов, на шельфе Каспийского моря сложилось несколько нефтеносных горизонтов.

Собрана количественная база данных измерений ключевых геометрических параметров длины, ширины и извилистости сети разветвлений рукавов по спутниковым изображениям дельты Волги. Разбитым на участки рукавам была присвоена иерархическая

Many reservoir models rely on populating reservoir zones with objects whose dimensions are taken from statistical databases of analogue sandbodies. While this attributes may be sufficient to characterise single channels, they do not adequately describe branching networks such as deltaic distributary channels.

This study examines morphometrics of deltaic distributary channels using satellite image data from the modern Volga Delta, Russia.

The Volga delta is an extreme example of a fluvial-dominated delta that is characterised by extraordinary pronounced distributary branching. Several reservoir intervals are deposited by the palaeo-Volga Delta in the Pliocene Productive Series reservoirs of the offshore Caspian Sea.

A quantitative database of key geometrical measurements the length, width and sinuosity was collected from the branching network of channels on the satellite image of the Volga delta. The channel segments were assigned hierarchies using an ordering classification system.

Various statistical analyses were carried out to obtain the mean, standard deviation, Inter-quartile range and coefficient of skewness of the length, width and sinuosity

структура с использованием системы классификации по порядкам.

Были проведены различные статистические исследования для получения среднего квадратического отклонения, интерквартильной широты и коэффициента асимметрии в распределении по длине, ширине и извилистости рукавов дельты Волги. Также были построены графики зависимости по длине, ширине, извилистости и иерархическому подчинению и выведены их коэффициенты детерминированности R^2 , чтобы определить взаимосвязь между этими переменными.

Данные статистические исследования обнаружили отсутствие зависимости между упомянутыми переменными: длиной, извилистостью, шириной и иерархической структурой.

Это означает, что данные переменные можно рассматривать как независимые и использовать их как отдельные логические объекты в объектно-ориентированном пластовом моделировании продуктивной толщи плиоценовых нефтеносных пластов на шельфе Каспийского моря.

Результаты позволяют определять формы и размеры рукавных объектов для моделей продуктивной толщи плиоценовых пластов на шельфе Каспийского моря, как например, свиты «перерыв» на гигантском месторождении АЧГ компании ВР.

Введение

Настоящее исследование — «Морфометрические параметры дельтовых рукавов для объектно-ориентированного моделирования пластов» — проводилось в «Империял колледже» в качестве трехмесячной программы, заключительного самостоятельного проекта на степень магистра в области нефтегазовой геологии.

Целью проекта явилось создание количественной базы данных измерений основных геометрических параметров сети дельтовых рукавов на практическом примере дельты реки Волга в России.

Проектом обуславливались следующие требования:

- » измерить параметры основных геометрических/морфометрических данных для сообщающейся сети дельтовых рукавов;
- » сравнить указанный набор данных со стандартными статистическими базами данных, чтобы обусловить формирование объектно-ориентированных моделей дельтовых нефтеносных пластов; и
- » определить формы и размеры рукавных объектов для моделей пластов аналогичных современной дельте Волги (продуктивной толщи нефтеносных пластов, Каспийское море).

of the Volga Delta channels. Also, various cross plots of length, width, sinuosity and hierarchy were made and their R^2 values obtained to reveal the associations between these variables.

The statistical analyses reveal that there are no relationships between these variables; length, sinuosity, width and hierarchy.

This implies that these variables can be treated as independent and can be placed as separate entities in object-based reservoir modelling of the Pliocene Productive series reservoirs of the offshore Caspian Sea.

The results enables us to define shapes and dimensions of channel objects for models of the Pliocene Productive Series reservoirs of the offshore Caspian Sea, such as the Pereriv Suite in BP's giant ACG field.

Introduction

This study, 'morphometrics of deltaic distributary channels for object based reservoir modelling' was undertaken as a three month project in Imperial College as the final individual project for the Imperial College Msc in Petroleum Geoscience.

The aim of the project is to collect a quantitative database of key geometrical measurements of a network of deltaic distributary channels with its case study from the Volga Delta, Russia.

The requirements of the project are as follows:

- » To measure key geometrical/morphometric data for a connected distributary channel network;
- » To compare this dataset to standard statistical databases used to condition object-based models of deltaic reservoirs; and
- » To define shapes and dimensions of channel objects for models of reservoir analogous to the modern Volga Delta (Productive Series reservoirs, Caspian Sea)

Many reservoir models rely on populating reservoir zones with objects whose dimensions are taken from statistical databases of analogue sandbodies. This approach requires: (1) robust matching of the subsurface reservoir interval to an analogue (e.g. ancient systems at outcrops, modern system), and (2) measurements of the key geometrical attributes of analogue sandbodies. Typically, the geometrical attributes of channels in such databases are width/depth ratio and sinuosity. While these attributes may be sufficient to characterise single channels, they do not adequately describe branching channel networks such as deltaic distributary channels. This project will characterise the morphometrics of such network in the Volga delta, an extreme example of a fluvial-dominated delta that is characterised by extraordinary pronounced distributary branching. The results have several applications

Многие модели пластов базируются на насыщении пластовых зон объектами, размеры которых взяты из статистических баз данных для аналогичных песчаных тел. Такой подход требует: (1) надежного соответствия нефтеносного горизонта под поверхностью выбранному аналогу (например, древние системы в геологических обнажениях, современная система) и (2) измерений основных геометрических характеристик аналогичных песчаных тел. Обычно геометрические характеристики рукавов в подобных базах данных включают соотношение ширина/глубина и извилистость. Хотя этих признаков может быть достаточно для характеристики однорукавных русел, они не описывают в достаточной степени разветвленные сети, как например дельтовые рукава. Данный проект даст морфометрические параметры такой сети в дельте Волги, являющейся наиболее ярким примером устья с преобладанием речных наносов, которое характеризуется отчетливо выраженным рукавным ветвлением. Результаты имеют прикладное значение для нескольких нефтеносных горизонтов, образовавшихся в дельте палео-Волги в продуктивной толще плиоценовых пластов на шельфе Каспийского моря, где размеры рукавов, геометрия и характер сообщения являются основными неизвестными, которые могут оказывать значительное влияние на характер пластов.

Морфометрические методы

Морфометрию можно определить как измерение формы, при котором измерения обрабатываются статистическими или математическими методами для определения внутренне присущих свойств. Морфометрические методы имеют задачей разработку способов или набора инструментов для измерения как общих, так и частных геоморфологических свойств.

В гидрологии начало морфометрическим исследованиям впервые было положено Р. Е. Хортоном и А. Е. Стралером в 40-х и 50-х годах 20-го века. Основной целью их работы ставилось определить целостную систему свойств рек на основе измерений различных речных признаков.

Признаком, который первым получил количественную оценку, стала иерархия речных участков в соответствии с системой классификации по порядкам, как проиллюстрировано на рис. 2.1.

По этой системе, участки русла были расположены по порядку номеров от верховьев реки (например, в вершинной части системы речного водотока) к точке где-нибудь ниже по течению. Числовая последовательность начинается от притоков в верховьях реки, которым присваивается значение «1». Участку течения, образовавшемуся при слиянии двух сегментов первого порядка, давался порядок «2». Два

to several intervals deposited by the palaeo-Volga Delta in the Pliocene Productive Series reservoirs of the offshore Caspian Sea, where the channel dimensions, geometry and connectivity are key unknowns that may have large impact on reservoir behaviour.

Morphometric Techniques

Morphometry can be defined as the measurement of the shape, whereby measurements are then manipulated statistically or mathematically to discover inherent properties. Morphometric techniques aim at developing methods or a set of tools that measures both general and specific geomorphometric features.

In the field of hydrology, morphometric studies were first initiated by R.E. Horton and A.E. Strahler in the 1940s and 1950s. The main purpose of their work was to discover holistic stream properties from measurement of various stream attributes.

The attributes to be first quantified was the hierarchy of stream segments according to an ordering classification system as illustrated in Figure 2.1.

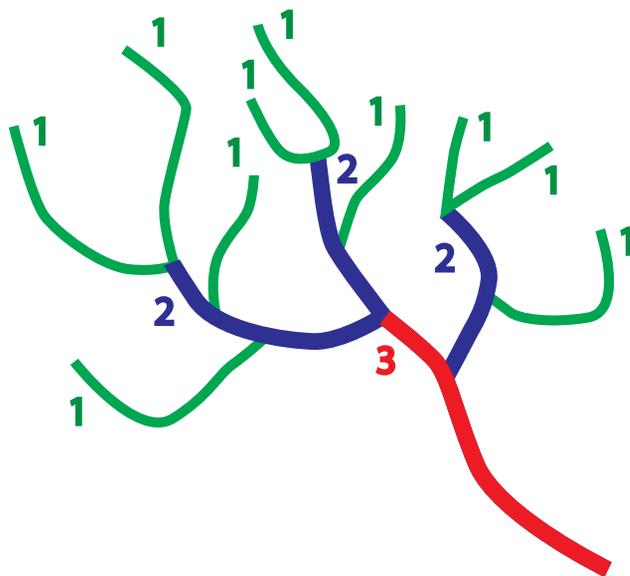


Рис. 2.1. Пример системы определения порядков рек (Пидвирный, 2005 г.)

Figure 2.1: An example of stream ordering system (Pidwirny, 2005)

In this system, channel segments were ordered numerically from the stream's headwaters (i.e. the upper portion of stream's drainage system) to a point somewhere down stream. Numerical ordering begins with the tributaries at the stream's headwaters being assigned the value of 1. A stream segment resulted from the joining of two 1st order segments was given an order of 2. Two 2nd streams formed a 3rd order stream and this went on. The analysis of the data generated revealed some interesting relationships (Pidwirny, 2005).

Wedge Series 500™

Основные характеристики и преимущества

- Исключительно высокая прочность на скручивание, сжатие и изгиб
- Надежность в самых сложных условиях эксплуатации
- Идеальный выбор при бурении скважин с малым зазором между колонной и стенками ствола
- Конструкция, обеспечивающая надежность и простоту в использовании



Уникальное резьбовое соединение имеет исключительно высокую прочность на скручивание, сжатие и изгиб



Вступающее в действие под давлением металлическое уплотнение обеспечивает 100%-ую оценку внутреннего давления



Наши резьбы – ваши преимущества.

Рассчитанные для применения в условиях высоких крутящих моментов резьбовые соединения Wedge Series 500™ отличаются высокой прочностью на сжатие и изгиб и в несколько раз превосходят ожидания по прочности на скручивание. Соединения предназначены для трубных изделий, используемых в самых сложных условиях эксплуатации, в частности при бурении скважин с большим отклонением от вертикали, а также для обсадных колонн, устанавливаемых с расхаживанием и проворачиванием. Резьбы Wedge Series 500™ обеспечивают высокую прочность соединений тонкостенных труб большого диаметра, а также, благодаря своей высокой прочности на сжатие, скручивание и изгиб, являются идеальным выбором при бурении скважин с малыми зазорами. Соединения Wedge Series 500™ возможны как в безмуфтовых и муфтовых соединениях так и в соединениях с высаженными концами, с уплотнением «металл-металл» или без него.

Современные трубные технологии. Новаторские решения.

рукава второго порядка образовывали речной водоток третьего порядка и так далее. Анализ полученных данных позволил обнаружить некоторые интересные взаимосвязности (Гидвирный, 2005 г.).

Р. Е. Хортон применил морфометрический анализ для оценки ряда речных признаков, и его работы позволили выдвинуть несколько законов, относящихся к образованию водотока. Закон Хортон о величине водотоков предположил существование геометрической зависимости между числом речных участков, расположенных в последовательном порядке по характеру водотока. Закон порядков площадей водосборных бассейнов указывал, что средняя площадь бассейна в системе с последовательным порядком при построении графика образует линейную зависимость. Эти результаты и исследования других естественных разветвленных сетей позволили обнаружить существование повторяющихся схем похожих на модель порядков рек. В морфометрии, геоморфологическое значение хортонской зависимости порядков рек ограничено.

Способ нумерации водотоков, использованный Хортоном, в целом аналогичен методу, который применялся при проведении настоящего исследования для нумерации и присвоения иерархии участкам рукавов в дельте Волги. В этом исследовании участки рукавов были, прежде всего, пронумерованы в произвольной последовательности с первого сегмента до последнего, как они видны на карте дельты. Порядок расположения участков водотока в соответствии с их иерархией получил номер «1» от реки Волга в верхней точке дельты.

В ситуации, когда одному рукаву присваивается значение «1» в первом порядке иерархии, когда он расходится на два или три рукава, они получают значение «2» во втором иерархическом порядке. При слиянии двух сегментов, образовавшийся рукав получает иерархический номер предшествующего разделившегося однорукавного русла. Таким образом, иерархический порядок продолжается до тех пор, пока последний русловый сегмент не впадет в Каспийский бассейн.

Объектно-ориентированное моделирование пластов

Пластовые модели являются необходимым инструментом, используемым для разведки месторождений углеводородного сырья. Как указывали в 1993 г. Брайант и Флинт, общая методология при создании модели геологического пласта заключается в следующем:

- » определение пространства, занимаемого нефтеносным горизонтом;
- » указание геологических/генетических пород в этом пространстве;
- » создание реалистичных форм и геометрических

R.E Horton applied morphometrics analysis to a variety of stream attributes and from his studies a number of laws of drainage composition were proposed. Horton's law of stream strengths suggested that a geometric relationship existed between numbers of stream segments in successive stream orders. The law of basin areas indicated that the mean basin area of successive ordered systems formed a linear relationship when plotted on a graph. These results and studies of other natural branching networks have revealed patterns similar to the stream order model. In morphometry the geomorphological significance of the Hortonian stream-order relationship is limited.

The stream numbering technique used by Horton is quite similar to the technique applied during this study to number and assign hierarchy to channel segments of the Volga delta. In this study, the channel segments were first of all numbered randomly from the first segment to the last seen on a map view of the delta. The ordering of the stream segments according to their hierarchy was then assigned the number '1', from the Volga River, at the apex of the delta.

In a situation whereby a single channel is assigned the value of 1 in the first order in the hierarchy, when it splits or bifurcates into two or three channel segments, they are assigned the value '2' in the second order of the hierarchy. If two of the channel segments converge, the channel segment that results from this is assigned the hierarchy number of the previous single channel that bifurcated. In this way, the ordering according to hierarchy goes on until the last channel segment has drained into the Caspian basin.

Object-based reservoir modelling

Reservoir models are essential tools used during the exploration of hydrocarbon reserves. According to Bryant and Flint, 1993, the general methodology for building a geological reservoir model is to;

- » Define the space occupied by reservoir interval
- » Identify the geological/genetic units within this space
- » Assign realistic shapes and geometries to these geological/genetic units
- » Arrange these units within the defined space (i.e. determine the reservoir's internal geometry or 'architecture'); use either deterministic or stochastic (object-based) methods
- » Assign reservoir properties to the genetic units (use deterministic, stochastic and/or other geostatistical methods)

The concept of object-based modelling techniques (also termed 'marked point processes') follows naturally from the concept of genetic reservoir units. An object-based is defined as a 3-D geometric shape which can represent a genetic reservoir unit, or shale, or any other reservoir or non

- характеристик этих геологических/генетических пород;
- » расположение этих пород в указанном пространстве (например, определение внутренней геометрии пласта или его «архитектуры»); использование методов либо детерминированного, либо стохастического (объектно-ориентированного) анализа;
 - » указание признаков пласта в соответствии с генетическими элементами (используя методы детерминированного, стохастического и (или) другого геостатистического анализа).

Идея методов объектно-ориентированного моделирования (также называемых «обработка по маркированной точке») естественным образом вытекает из концепции генетических пород-коллекторов. «Объектно-ориентированный» определяется как трехмерная геометрическая форма, которая может представлять генетическую породу-коллектор, глинистый сланец или любой другой пласт или непластовый нефтеносный горизонт, который можно определить в пространстве с отчетливо определяемыми границами.

Объектно-ориентированная модель — это модель, имитирующая распределение объектов, определенных в соответствии с особой геометрией в трехмерном пространстве, где моделирующие варианты обычно ограничены данными скважины.

В пласте обычно содержится множество объектов определенного типа (например, пустот), которые обладают схожими геометрическими параметрами, но различаются по размерам (например, толщине, ширине и длине), расположению и ориентации. Если месторасположение объектов «обусловлено» скважинными данными (объекты указаны в скважинах и реализация должна с этим согласовываться), тогда скважинные данные моделируются перед межскважинным объемом.

В объектно-ориентированном моделировании используется метод стохастического анализа при построении вероятностных моделей конкретного объекта с помощью различных моделирующих программ, например IRAP и Petrel. Эти типы моделирования применяют переменные входные параметры, обычно извлекаемые из вероятностной плотности распределения, и, таким образом, имеют несколько решений; как следствие, необходимо прогнать модель несколько раз и в заключение усреднить результаты.

Целью объектно-ориентированного моделирования в геологии осадочных пород является предсказание седиментационной архитектуры и стратиграфического строения. Факторы неопределенности, связанные

reservoir interval which can be defined in space and which has clearly distinguishable boundaries.

An object-based model is a model that simulates the distribution of objects defined by specific geometries, in 3D space, with simulations usually constrained by well data.

A reservoir will typically contain many objects of a certain type (e.g. channels), which have a similar geometry but which differ in size (e.g. different thickness, width and length), location and orientation. If the location of the objects are 'conditioned' to well data (objects have been identified in the wells and the realisation must honour this) then the well data is modelled before the inter well volume.

Object-based modelling uses the stochastic method of approach in building probabilistic models on a particular object with various modelling software such as IRAP and Petrel. These types of modelling have variable input parameters, commonly derived from probability-density functions (pdf's), and therefore have multiple outcomes; as a consequence model runs must be repeated many times and subsequently averaged.

The goal of object-based modelling in sedimentary geology is to predict sedimentary architecture and stratigraphy. Uncertainties associated with object-based modelling include; limited data available about reservoir dimensions and architecture, Complex spatial disposition of reservoir building blocks or facies, and spatial heterogeneity of rock properties. (Bryant and Flint, 1993).

According to Bryant and Flint, 1993, the stochastic reservoir modelling provides improved integration of geoscientific information, uncertainty quantification by generation of many plausible relations, reservoir characterisation during exploration, appraisal and production stage and convenience, and speed of stochastic methods.

Object-based modelling is commonly applied to fluvial reservoirs.

The method employed for stochastic reservoir modelling of fluvial channel sand bodies includes:

- » Conditioning data
- » Honoring well data: whereby sand bodies are randomly located to coincide with sands in the well. This ensures that the channel positions are controlled.
- » Inter well bodies: Here random bodies conflict with the well and must be dropped or moved
- » Final realisation: Sand is added until net-to-gross ratio reaches desired level.

Problems can arise with object based techniques when there are objects present in the well which cannot be matched because the stop criteria has been reached too soon, there are too many conflicts, or the objects being drawn into the reservoir volumes have an inappropriate geometry,

с объектно-ориентированным моделированием, включают: ограниченность имеющихся данных о размерах и архитектуре пластов, сложность пространственного расположения строительных блоков или фаций пластов и пространственная гетерогенность свойств породы. (Брайант и Флинт, 1993 г.).

Как писали в 1993 г. Брайант и Флинт, вероятностное моделирование пластов обеспечивает улучшенное интегрирование геофизической информации, количественную оценку неопределенностей путем создания множества возможных связей, описание характеристик пласта на этапах разведки, оценки запасов и добычи, а также удобство и быстрота методов стохастического анализа.

Problems are also associated with objects that are very large (It is easier to fit a group of small objects together than large ones). Other problems occur when the wells are closely spaced to the size of the objects; this is ironic as more wells yield better constrained models. The methodology can distort the statistics, whereby larger objects are placed near the well and smaller objects between wells.

Dataset

Data used is as follows:

- » Publicly available satellite imagery of the modern Volga delta
- » Enlarged section of the delta with better resolution showing more pronounced distributary channel patterns.
- » Cartoon map of the Volga showing the area covered by the satellite image.



Увеличенный участок дельты
Enlarged portion of the delta

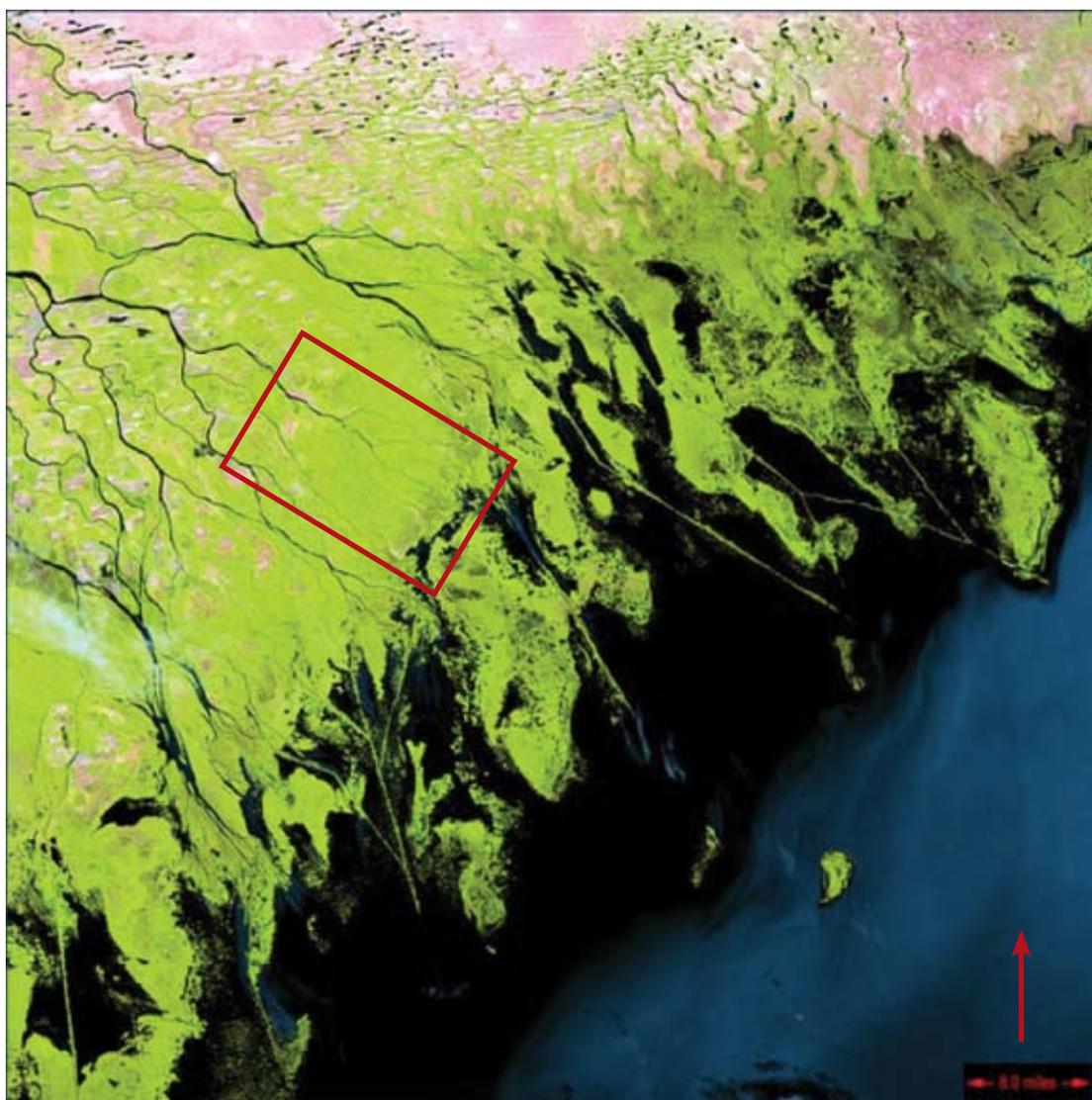


Рис. 3.1. Спутниковый снимок дельты Волги, изображающий всю площадь, относящуюся к данным, а также увеличенный участок, на котором выполнялась работа (NASA, 1999 г.)

Figure 3.1: Satellite image of the Volga delta showing the entire area covered by data and the enlarged portion worked on (NASA, 1999)



11-13 May
2010
 Uzbekistan, Tashkent

14th Uzbekistan
 International
 Exhibition & Conference

OIL & GAS

www.ogu2010.com



Organisers:



ITE (London)

Tel: + 44 (0) 20 7596 50 00, Fax: + 44 (0) 20 7596 51 06
 E-mail: oilgas@ite-exhibitions.com

Объектно-ориентированное моделирование обычно применяется для пластов в речных системах.

Метод, используемый для вероятностного моделирования пластов в песчаных телах речных русел, включает:

- » обусловливание данных;
- » учет скважинных данных: там, где беспорядочно расположенные песчаные тела совмещены с песчаной толщей в скважине. Это обеспечивает контроль расположения каналов;
- » межскважинные тела: здесь тела с произвольным расположением не соответствуют скважине, и их необходимо игнорировать или передвинуть;
- » заключительная реализация: добавление песка происходит до достижения желаемого уровня соотношения нетто-брутто.

При использовании объектно-ориентированных методик могут возникать проблемы, когда в скважине присутствуют объекты, для которых нельзя найти соответствие из-за того, что преждевременно был достигнут критерий останова, существует слишком много конфликтов или оттого, что объекты, вносимые в пластовый объем, имеют несоответствующие геометрические параметры.

Проблемы также могут быть связаны со слишком крупными объектами (гораздо легче поместить группу объединенных мелких объектов, чем большие объекты). Другие проблемы появляются, когда скважины слишком близко расположены по размеру объектов; это происходит словно в насмешку, поскольку большее число скважин обеспечивает лучшее наложение ограничительных параметров в моделях. Данная методика может искажать статистику там, где более крупные объекты расположены вблизи от скважины, а более мелкие объекты между скважинами.

Набор данных

Использовались следующие данные:

- » Находящиеся в общем доступе спутниковые снимки современной дельты Волги.
- » Увеличенный участок дельты с более высоким разрешением, на котором отчетливей видны схемы рукавов.
- » Карта-схема Волги с изображением площади покрытия спутникового снимка.

Методология и сбор данных

Рукавные сегменты были оттрассированы по карте на основе спутникового изображения дельты Волги при помощи кальки и с использованием нумерации сегментов от 1 до 270.

Были получены измерения длины по водотоку (L), горизонтальной протяженности (H) и ширины русел;

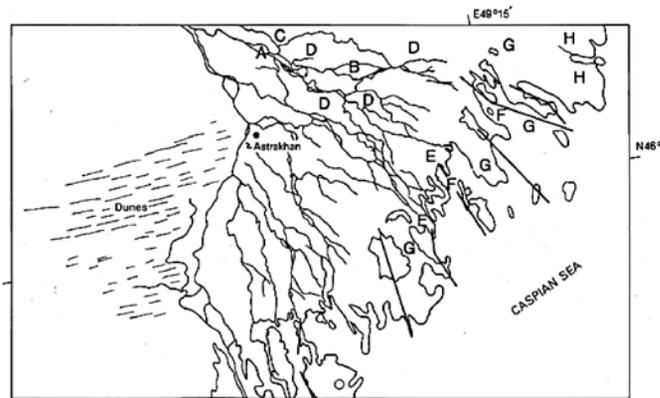


Рис. 3.2. Карта-схема современной дельты Волги, где красная пограничная линия указывает районы покрытия спутникового снимка. (Используется с разрешения geoinfo, 1984 г.)

Figure 3.2: Cartoon map of the Morden Volga delta, with the red border line showing areas covered by the satellite image (Courtesy of geoinfo, 1984)

Methodology and Data Collection

The channel segments were traced-out from the satellite image map of the Volga delta using sheets of tracing paper, & the channel segments numbered from 1 to 270

Measurements of length along the stream (L), horizontal length (H) & width of channels were obtained; using a ruler and a long string, and the sinuosity (L/H) was calculated.

The channel segments were assigned a hierarchy with numbering starting from 'one', from the Volga River, at the apex of the delta through the network of branched and converging stream channels to the region represented on a traced-out, satellite image of the Volga delta. The numbering of the channel hierarchy continued from there, through the drainage system to where the stream channel drains into the Caspian Sea. Some channels close to the sand dunes and deserts were observed and measured.

A section of the delta showing a pronounced branching pattern was looked at and measured as above.

The Sinuosity for each channel segment was calculated by dividing the channel length along a floodplain stream (L) by the horizontal channel length (H).

All the records of measurements were properly labelled and tabulated on an Excel work sheet.

Statistical analysis; mean, standard deviation, frequency & cumulative frequency were obtained from the dataset collected via Excel worksheet.

Part 2 of this article with the findings and conclusions will be published the June issue of ROGTEC Magazine.

с использованием линейки и длиной нити произведен расчет извилистости (L/H).

Русловым сегментам была присвоена иерархическая структура с нумерацией начиная от единицы с реки Волга в верхней точке дельты, через сеть разветвляющихся и сливающихся водотоков, к области, обозначенной на оттрассированном спутниковом снимке дельты Волги.

Нумерация русловой иерархии продолжается от этого места, через систему стока к точке, где русло реки впадает в Каспийское море. Была выполнена визуальная оценка и произведены измерения некоторых рукавов вблизи песчаных дюн и пустынных районов.

Рассмотрен и измерен в соответствии с вышеизложенным участок дельты, на котором заметна отчетливая схема ветвления

Извилистость для каждого руслового сегмента рассчитывалась путем деления длины русла вдоль поймы (L) на величину горизонтальной протяженности русла (H).

Все записи о сделанных измерениях были соответствующим образом помечены и сведены в электронные таблицы Excel.

Статистический анализ: из набора данных, собранных в таблице Excel, получены среднее квадратическое отклонение, повторяемость и накопленная повторяемость.

Вторая часть этой статьи с полученными результатами и выводами будет опубликована в июньском выпуске журнала ROGTEC.

Рис. 4.b. Карта участка с детальным отображением отчетливо выраженной схемой рукавов (масштаб: 9,8 см на 5 км)

Fig 4.b A map of the section looked at in detail showing a pronounced distributary pattern (Scale: 9.8cm represents 5 km).

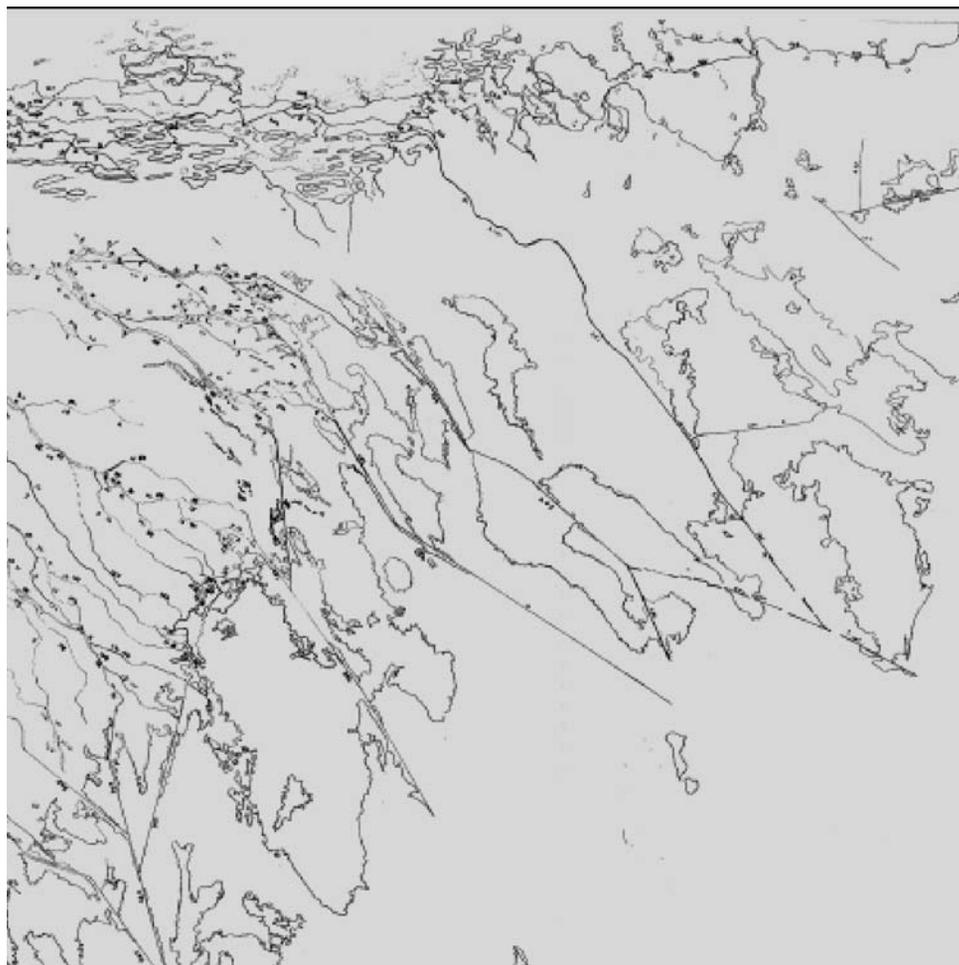


Рис. 4.a. Оттрассированная карта дельты Волги, на которой выполнялась работа (масштаб: 3,6 см на 5 км)

Fig 4.a A map of the section looked at in detail showing a pronounced distributary pattern (Scale: 9.8cm represents 5 km).

